(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 650 041**

(51) Int. Cl.:

F04B 17/00	(2006.01)
H02N 11/00	(2006.01)
F03G 7/00	(2006.01)
F04B 7/00	(2006.01)
F04B 17/03	(2006.01)
F04B 39/08	(2006.01)
F04B 43/04	(2006.01)
F04B 53/10	(2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2015** **E 15186011 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2017** **EP 3001031**

(54) Título: **Circuitos de control para bomba electroquímica con válvulas E**

(30) Prioridad:

26.09.2014 US 201414499072

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.01.2018

(73) Titular/es:

BECTON, DICKINSON AND COMPANY (100.0%)
1 Becton Drive
Franklin Lakes, NJ 07417-1880 , US

(72) Inventor/es:

LEONCZYK, ANDREW;
DURFEE, DAVID;
CROTEAU, ROLAND y
SAILLANT, PRESTOR

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 650 041 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

Circuitos de control para bomba electroquímica con válvulas E

Campo de la invención

La presente invención se refiere, en general, a circuitos de excitación para el funcionamiento de una bomba electroquímica u otro sistema de accionador que requiere una diferencia de tensión aplicada. Específicamente, la presente invención se refiere a un circuito de excitación basado en un circuito de puente H, en donde parte del circuito de puente H se comparte entre accionadores y se controla por un microcontrolador, reduciendo de este modo el número requerido de elementos de circuito.

Antecedentes de la invención

Un accionador convencional se opera en respuesta a un potencial de tensión aplicado para realizar alguna operación mecánica, tal como una operación de válvula o un operación de bomba. El estado del accionador puede cambiarse por una tensión aplicada y una corriente de excitación a través del accionador en una dirección hacia delante o hacia atrás. Tal flujo de corriente bidireccional es necesario para un funcionamiento normal. Como se ilustra en la figura 1A, uno de tales accionadores puede ser un accionador de bomba electroquímica que se opera en respuesta a un potencial de tensión aplicado.

Como se ilustra en la figura 1A, un accionador de tipo bomba electroquímica puede comprender una carcasa que contiene en su interior al menos tres cámaras en donde las cámaras primera y segunda contienen un fluido de bombeo, y la tercera cámara contiene un sustancia a bombear desde una salida de la tercera cámara. Durante el funcionamiento, se usa una tensión aplicada +V para mover el fluido de bombeo de la cámara uno a la cámara dos a través de una membrana selectiva entre las cámaras uno y dos, ejerciendo de este modo presión sobre la cámara tres a través de la expansión del diafragma de expansión entre las cámaras dos y tres. A continuación, se fuerzan o se bombean los contenidos de la cámara tres desde la cámara tres a través del puerto de salida como se indica por la flecha en la figura 1A. A continuación, se usa la inversión del potencial de tensión aplicado -V para invertir el movimiento del fluido de bombeo desde la cámara dos a la cámara uno, creando de este modo una presión reducida en la cámara tres mediante un movimiento inverso del diafragma de expansión. A continuación, se introduce el contenido en la cámara tres y se repite el proceso. Pueden encontrarse detalles adicionales de una bomba electroquímica a modo de ejemplo en la patente de Estados Unidos n.º 7.718.047, la patente de Estados Unidos n.º 8.187.441, y la patente de Estados Unidos n.º 8.343.324, incorporándose expresamente el contenido completo de todas ellas como referencia en la presente memoria.

Se requiere un número de válvulas para tales operaciones de bombeo, y el funcionamiento de tales válvulas debe coordinarse con las operaciones de bombeo. Por ejemplo, puede proporcionarse una válvula de admisión para permitir que el contenido de una fuente entre en la cámara tres. A continuación, puede cerrarse la válvula de admisión y abrirse una válvula de salida y accionarse la bomba para permitir que el contenido bombeado desde la cámara tres alcance un destino. A continuación, puede cerrarse la válvula de salida y abrirse la válvula de admisión y desactivarse la bomba para permitir que el contenido de la fuente entre en la cámara tres. A continuación, puede cerrarse la válvula de admisión y abrirse de nuevo la válvula de salida y accionarse la bomba para permitir que el contenido bombeado desde la cámara tres alcance el destino. La operación puede repetirse según sea necesario para bombear el contenido usando el accionador de bomba electroquímica.

Los estados de las válvulas y la bomba pueden cambiarse mediante una tensión aplicada y una corriente de excitación a través del accionador de cada una en una dirección hacia delante o hacia atrás. Uno de tales métodos para hacerlo así es el uso de un circuito de excitación de puente H convencional. Como se muestra en la figura 1B, un circuito de excitación de puente H convencional puede consistir en dos medios puentes y se usa para controlar un único dispositivo excitado D. Tal circuito permite aplicar una tensión $V_{entrada}$ a través de un dispositivo excitado D en cualquier dirección. La expresión “puente H” se deriva de la representación gráfica de tal circuito, que habitualmente incluye cuatro conmutadores. Cuando los conmutadores S1 y S4 están cerrados y los conmutadores S2 y S3 están abiertos, puede aplicarse una tensión positiva a través de la carga de dispositivo D. Al abrir los conmutadores S1 y S4 y cerrar los conmutadores S2 y S3, la tensión se invierte a través de la carga de dispositivo D. Tales circuitos de excitación de puente H convencionales pueden construirse como circuitos integrados o pueden construirse a partir de componentes específicos.

Sin embargo, en algunas aplicaciones, el diseño general del sistema es altamente espacial y de coste restringido, y es útil cualquier oportunidad para reducir el número total de componentes. Por consiguiente, hay una necesidad de proporcionar tales circuitos de excitación que funcionan de una manera asociada con un circuito de excitación de puente H convencional, pero que reducen el espacio y el coste requeridos del circuito de excitación.

El documento US 2005/0279299 A1 describe un método para inicializar las válvulas de un motor que tiene un aparato de arranque.

El documento DE 10 2012 003 698 A1 describe un bloqueo de vehículo.

Compendio de la invención

El objeto de la invención se define por la reivindicación independiente 1.

Un objeto de la presente invención es abordar sustancialmente los problemas anteriores y otros problemas, y proporcionar circuitos de excitación avanzados, mejorados, y novedosos para el funcionamiento de una bomba electroquímica u otro sistema de accionador que requiera una diferencia de tensión aplicada.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar circuitos de excitación para el funcionamiento de una bomba electroquímica u otro sistema de accionador que requiera una diferencia de tensión aplicada que requiera menos componentes para su funcionamiento, reduciendo de este modo el consumo de energía y los componentes totales para mitigar los fallos y reducir los costes.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar circuitos de excitación para el funcionamiento de una bomba electroquímica u otro sistema de accionador que requiera una diferencia de tensión aplicada que requiera menos componentes para su funcionamiento, reduciendo de este modo el espacio requerido para su funcionamiento.

Estos y otro objetos se logran sustancialmente proporcionando circuitos de excitación para el funcionamiento de una bomba electroquímica u otro sistema de accionador que requiera una diferencia de tensión aplicada, en donde solo se requiere el funcionamiento de un accionador en cualquier momento dado. Como solo se requiere el funcionamiento de un accionador en cualquier momento dado, un circuito de excitación basado en un circuito de excitación de puente H puede proporcionarse y controlarse por un microcontrolador, en donde parte del circuito se comparte entre los accionadores, reduciendo de este modo el número requerido de elementos de circuito.

Breve descripción de los dibujos

Los diversos objetos, ventajas y características novedosas de las realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención se apreciarán más fácilmente a partir de la siguiente descripción detallada cuando se lea junto con los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1A es un diagrama ilustrativo de una bomba electroquímica;
la figura 1B es un diagrama ilustrativo de un circuito de excitación de puente H;
la figura 2 es un diagrama de bloques de un circuito de excitación a modo de ejemplo para un bomba electroquímica según una realización de la presente invención;
la figura 3A es una tabla de verdad para un circuito de excitación a modo de ejemplo de la figura 4 según una realización de la presente invención;
la figura 3B es una tabla de verdad para otro circuito de excitación a modo de ejemplo según una realización de la presente invención; y
la figura 4 es una representación esquemática de una realización del circuito de excitación de la figura 2 según una realización de la presente invención.

En todos los dibujos, se entenderá que los números de referencia similares hacen referencia a partes, componentes y estructuras similares.

Descripción detallada de las realizaciones a modo de ejemplo

Las realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención descritas a continuación proporcionan medios novedosos de controlar el funcionamiento de un bomba electroquímica u otro sistema de accionador que requiera una diferencia de tensión aplicada, en donde solo se requiere el funcionamiento de un accionador en cualquier momento dado. Como solo se requiere el funcionamiento de un accionador en cualquier momento dado, un circuito de excitación basado en un circuito de excitación de puente H puede proporcionarse y controlarse por un microcontrolador, en donde parte del circuito se comparte entre los accionadores, reduciendo de este modo el número requerido de elementos de circuito.

Las realizaciones de la presente invención se refieren a un sistema de excitación de accionador electroquímico y un método que proporciona un control absoluto de un sistema de bomba electroquímica con menos componentes electrónicos que una configuración donde todos los canales de excitación de accionador están separados. Una arquitectura a modo de ejemplo de la presente invención incluye tres accionadores electroquímicos, incluyendo dos accionadores de válvula y un accionador de bomba. Como solo se requiere el funcionamiento de un accionador en cualquier momento dado, un circuito de excitación basado en un circuito de excitación de puente H puede proporcionarse y controlarse por un microcontrolador, en donde parte del circuito se comparte entre los accionadores. Al hacerlo así, el diseño general del sistema es altamente espacial y rentable. Puede proporcionarse un control de precisión bidireccional de cada accionador electroquímico para garantizar que cada accionador se active por completo sin dañar el accionador.

Un circuito de excitación a modo de ejemplo según una realización de la presente invención monitoriza y controla el funcionamiento del accionador de bomba y los dos accionadores de válvula cambiando los estados de cada accionador cuando sea necesario hacerlo. Los estados de los accionadores se cambian conduciendo la corriente a

través de los mismos en una dirección o la otra en respuesta a la polaridad de tensión aplicada. Se necesita un flujo de corriente eléctrica bidireccional para el funcionamiento normal de tales accionadores, y pueden medirse los parámetros de tales accionadores para indicar el funcionamiento de los accionadores.

Se ha diseñado un circuito de excitación a modo de ejemplo según una realización de la presente invención para minimizar el número total de componentes electrónicos necesarios para controlar el estado de los tres accionadores. El circuito de excitación a modo de ejemplo se basa en un circuito de excitación de puente H convencional en donde parte del circuito se comparte entre los accionadores. Debido a que el sistema solo necesita hacer funcionar o bien el accionador de bomba o uno de los accionadores de válvula en cualquier momento dado, parte del circuito de excitación de puente H puede compartirse entre los tres accionadores, permitiendo de este modo el uso de cuatro circuitos de excitación de medio puente. Además, puesto que solo uno de entre el accionador de bomba y los accionadores de válvula se hacen funcionar en cualquier momento dado, puede proporcionarse un único circuito de detección de corriente compartido que puede detectar la corriente de cualquiera de los tres accionadores cuando se conduce en cualquier dirección y usarse para indicar el funcionamiento de los accionadores. Puede proporcionarse un solo microcontrolador para controlar cada circuito de excitación de medio puente para controlar las operaciones de los accionadores de válvula y el accionador de bomba, y medir el estado de la accionadores basándose en la señal del circuito de detección de corriente.

Una realización a modo de ejemplo de un circuito de excitación según la presente invención se muestra en el diagrama de bloques de la figura 2. El circuito de excitación de la figura 2 incluye tres circuitos de excitación de medio puente, uno especializado para cada accionador. El circuito incluye además un circuito de excitación de medio puente compartido que es común a todos los accionadores. Como se describe en mayor detalle a continuación, un circuito de excitación de medio puente es una variación del circuito de excitación de puente H convencional que solo usa los dos conmutadores en un lado de la carga. Cada circuito de excitación de medio puente está acoplado entre un suministro de tensión y una toma de tierra, y tiene una entrada de señal de control primera y segunda procedente del microcontrolador, y una única salida al accionador respectivo.

El circuito de control incluye además un circuito de detección de corriente de lado bajo que también es común a todos los accionadores. El circuito de detección de corriente puede incluir, por ejemplo, un resistor de detección de corriente y un amplificador que comunican un valor de corriente detectado de un accionador de excitación al microcontrolador. A continuación, el microcontrolador calcula la carga eléctrica basándose en los valores de corriente detectados para determinar el estado de los accionadores, y controla adecuadamente el estado de cada circuito de excitación de medio puente para garantizar el funcionamiento cíclico adecuado del sistema de bombeo.

El diagrama de bloques de la figura 2 comprende unos circuitos de excitación de medio puente 202, 204, 206, 208. En la figura 4 se muestra una vista esquemática de un circuito de excitación de medio puente a modo de ejemplo. Los circuitos de excitación de medio puente 202, 204, 206 están especializados en los accionadores 210, 212, 214, respectivamente. Los circuitos de excitación de medio puente 202, 204, 206, 208 pueden incluir cualquier número de dispositivos convencionales, tal como los fabricados por Vishay Siliconix®, pieza n.º Si3588DV, y pueden elegirse basándose, en parte, en otros requisitos de sistema ya que los circuitos de excitación pueden incluir una funcionalidad adicional para usar en el sistema.

El circuito de excitación de medio puente 202 está especializado en un único accionador, el accionador de válvula de admisión 210, y está acoplado a una fuente de alimentación 216 de lado alto y está acoplado a una fuente de alimentación de lado bajo o toma de tierra de sistema 218 a través de un circuito de detección de corriente de lado bajo 220. El circuito de excitación de medio puente 204 también está especializado en un único accionador, el accionador de bomba 212, y también está acoplado a la fuente de alimentación de lado alto 216 y está acoplado a la fuente de alimentación de lado bajo o toma de tierra de sistema 218 a través del circuito de detección de corriente de lado bajo 220. El circuito de excitación de medio puente 206 también está especializado en un único accionador, el accionador de válvula de salida 214, y también está acoplado a la fuente de alimentación de lado alto 216 y está acoplado a la fuente de alimentación de lado bajo o toma de tierra de sistema 218 a través del circuito de detección de corriente de lado bajo 220. Como solo se requiere el funcionamiento de un accionador en cualquier momento dado, el circuito de excitación de medio puente 208 puede compartirse entre los accionadores 210, 212, 214. Es decir, el circuito de excitación de medio puente 208 se comparte entre los accionadores 210, 212, 214, y está acoplado a la fuente de alimentación de lado alto 216 y está acoplado a la fuente de alimentación de lado bajo o toma de tierra de sistema 218 a través del circuito de detección de corriente de lado bajo 220. Por consiguiente, al hacerlo así, solo se requieren cuatro circuitos de excitación de medio puente 202, 204, 206, 208 para el control de los accionadores 210, 212, 214. La circuitería de excitación combinada de la figura 2 es posible debido a que el sistema de bombeo a modo de ejemplo solo requiere un accionador para funcionar cíclicamente a la vez.

Como se ha indicado, puesto que solo uno de entre el accionador de bomba y los accionadores de válvula se hacen funcionar en cualquier momento dado, puede proporcionarse el circuito de detección de corriente único compartido 220 que puede detectar la corriente para cualquiera de los tres accionadores cuando se conduce en cualquier dirección y se usa para indicar el funcionamiento y/o la posición de los accionadores. El circuito de detección de corriente de lado bajo 220 que es común a todos los accionadores 210, 212, 214, incluye un resistor de detección de corriente 222 y un amplificador 224 que comunica un valor de corriente detectado de lado bajo al microcontrolador 226. A continuación, el microcontrolador 226 calcula la carga eléctrica basándose en los valores de corriente

detectados para determinar el estado de los accionadores 210, 212, 214, y controla el estado de cada circuito de excitación de medio puente 202, 204, 206, 208 a través de una entrada de señal de control primera y segunda a cada circuito de excitación para garantizar el funcionamiento cíclico adecuado del sistema de bombeo.

Los lados bajos de todos los circuitos de excitación de medio puente 202, 204, 206, 208 se conectan a la fuente de alimentación de lado bajo o toma de tierra de sistema 218 a través del circuito de detección de corriente de lado bajo común 220. Cuando se excita un accionador, este circuito 220 mide la corriente que fluye a través del accionador activo. El resistor de detección de corriente 222 se usa para producir una tensión que es proporcional a la corriente que fluye a través del mismo. A continuación, esta tensión se amplifica usando un amplificador 224, tal como usando un circuito de amplificador operacional con referencia a tierra 424, como el mostrado en la figura 4. La salida del amplificador operacional 224, 424 se comunica al microcontrolador 226 donde, por ejemplo, la salida puede convertirse en una cantidad digital mediante un conversor analógico a digital en el microcontrolador y usarse para indicar una operación, un mal funcionamiento, y/o una posición del accionador que se está excitando. Por consiguiente, el microcontrolador puede proporcionarse para controlar cada uno de los circuitos de excitación de medio puente 202, 204, 206, 208 de tal manera que los accionadores 210, 212, 214 puedan operarse en el momento adecuado y en función de la operación, mal funcionamiento, y/o posición medidos del accionador que se está excitando por la señal del circuito de detección de corriente 220. El microcontrolador 226 puede incluir cualquier número de dispositivos convencionales, tales como los microcontroladores de 8 bits, 16 bits y 32 bits disponibles por Intel®, National Semiconductor® y Cypress Semiconductor®, y puede elegirse basándose, en parte, en otros requisitos de sistema puesto que el microcontrolador puede incluir una funcionalidad adicional para su uso en el sistema.

Como se ha indicado, cuando se excita un accionador 210, 212, 214, el circuito de detección de corriente 220 mide la corriente que fluye a través del accionador excitado, y proporciona una salida basada en el mismo al microcontrolador 226 donde la salida puede convertirse a una cantidad digital por un conversor analógico a digital en el mismo y usarse para calcular la carga eléctrica. Por ejemplo, la carga eléctrica total transferida a través de cada accionador electroquímico se cuenta midiendo la corriente que fluye a través del accionador excitado y realizando una integración de la corriente a lo largo del tiempo. El microcontrolador realiza la integración de la corriente a lo largo del tiempo para calcular la carga eléctrica total transferida a través del accionador durante el cambio de estado de accionador, indicando de este modo la operación, mal funcionamiento, y/o posición del accionador que se está excitando. Al hacerlo así, el microcontrolador 226 puede emplear un integrador de corriente, que es un dispositivo electrónico que realiza una integración temporal de una corriente eléctrica para medir una carga eléctrica total.

Por ejemplo, la carga eléctrica total transferida a través del accionador durante el cambio de estado de accionador puede usarse para determinar la posición del accionador. Puede usarse un algoritmo para determinar, por ejemplo, cuándo ha alcanzado el accionador excitado su fin de recorrido basándose en la carga medida. También pueden detectarse ciertos estados de error monitorizando la corriente y la carga eléctrica total transferidas a través del accionador durante el cambio de estado de accionador. Además, también pueden usarse datos de acciones anteriores para mejorar la detección de errores.

Un ejemplo de un cálculo de integración que muestra una posición de accionador derivada incluye un estudio de la potencia disipada por el accionador, que puede traducirse en una posición (en el caso de los accionadores de válvula) y un volumen transferido por el accionador (en el caso del accionador de bomba). Basándose en el valor de corriente detectado de lado bajo de un accionador específico 210, 212, 214 medido por el resistor de detección de corriente 222 y el amplificador 224, el microcontrolador 226 puede calcular en primer lugar una suma de Riemann para estimar la carga total consumida. Este método es un método bien conocido para aproximar un cálculo integral. El siguiente es un ejemplo simple de un cálculo posible.

En una operación a modo de ejemplo para medir el volumen transferido por el accionador de bomba 212, 412, el microcontrolador 226 lee los datos de corriente a una velocidad de un punto cada 100 milisegundos. Además, en la operación a modo de ejemplo, el accionador de bomba 212, 412 se excita durante 1 segundo. Cada punto de datos se captura en el punto medio de cada uno de los 10 intervalos. Los 10 puntos de datos tomados durante este tiempo son:

{100 mA, 100 mA, 200 mA, 200 mA, 100 mA, 100 mA, 200 mA, 200 mA, 100 mA, 100 mA}

La carga total para cada segmento se calcula como la corriente medida multiplicada por el periodo de tiempo. La carga total es la suma de los segmentos como se muestra a continuación por la ecuación (1), que se tiene en cuenta para mayor claridad.

100 ms * (100 mA + 100 mA + 200 mA + 200 mA + 100 mA + 100 mA + 200 mA + 200 mA + 100mA + 100mA) = 140 mC de carga total (1)

La posición del accionador de bomba 212, 412 se mueve en un volumen fijo para cada unidad de carga. Si, en la operación a modo de ejemplo, el accionador de bomba 212, 412 desplaza 1 mL/C, el volumen de contenido transferido por el accionador se muestra a continuación mediante la ecuación (2):

140 mC * 1 mL/C = 140 µL (2)

El accionador de bomba 212, 412 requiere una cantidad conocida de transferencia de volumen para cambiar estados. Si, en la operación a modo de ejemplo, el volumen de cambio de estado era conocido por ser 140 µL, el accionador de bomba 212, 412 habría cambiado de estado. En la mayoría de las aplicaciones, la velocidad de muestreo de los datos de medición de corriente es significativamente más rápida. El valor de 100 ms anterior se eligió por sencillez ilustrativa, y también se eligieron números enteros para representar los valores de corriente por la misma razón.

Como se ha indicado, un circuito de excitación de medio puente es una variación del circuito de excitación de puente H convencional que usa solo los dos conmutadores en un lado de la carga. Cada circuito de excitación de medio puente está acoplado entre un suministro de tensión y una toma de tierra, y tiene una entrada de señal de control primera y segunda procedente del microcontrolador 226, y una única salida al accionador respectivo 210, 212, 214. El circuito de excitación de medio puente puede proporcionarse de varias maneras, incluso como una configuración de transistores que permite conectar un nodo eléctrico común a uno de dos potenciales eléctricos controlados por señales externas. En el ejemplo de la figura 2, la implementación de los circuitos de excitación de medio puente 202, 204, 206, 208 puede variarse para permitir el funcionamiento del circuito de excitación en un sistema alimentado por una sola baja tensión 216, tal como una batería de 1,5 V. Tal implementación de los circuitos de excitación de medio puente 202, 204, 206, 208 incluye el uso de transistores de efecto campo metal-óxido-semiconductor (MOSFET), transistores de efecto campo de canal p (PFET), transistores de efecto campo de canal n (NFET) y combinaciones de los mismos disponibles en Vishay®, Texas Instruments® y NXP®, y pueden elegirse basándose, en parte, en otros requisitos de sistema, puesto que los transistores pueden incluir una funcionalidad adicional para su uso en el sistema.

En una primera implementación a modo de ejemplo de la presente invención mostrada en la figura 4, los circuitos de excitación de medio puente 202, 204, 206, 208 de la figura 2 pueden comprender un transistor de efecto campo de canal p (PFET) en la parte superior o el lado del suministro de tensión, y un transistor de efecto campo de canal n (NFET) en la parte inferior o el lado de toma de tierra de sistema a través del circuito de detección de corriente de lado bajo 420, pero las realizaciones no se limitan a esto. Esta configuración puede usarse si la fuente de alimentación o suministro de tensión 416 menos la unidad de baja tensión del microcontrolador (µC) 226, es mayor que el máximo umbral de puerta FET.

En la primera implementación a modo de ejemplo de la presente invención mostrada en la figura 4, cada uno de los circuitos de excitación de medio puente 202, 204, 206, 208 comprende un transistor de efecto campo de canal p (PFET) 402A, 404A, 406A, 408A que tiene el cable de fuente acoplado a la fuente de alimentación o suministro de tensión 416, el cable de drenaje acoplado a los accionadores respectivos 410, 412, 414, y el cable de puerta 501, 503, 505, 507 acoplado al microcontrolador 226 para controlar el funcionamiento del PFET. Además, cada uno de los circuitos de excitación de medio puente comprende un transistor de efecto campo de canal n (NFET) 402B, 404B, 406B, 408B que tiene el cable de fuente acoplado a la toma de tierra de sistema 418 a través del circuito de detección de corriente de lado bajo 420, el cable de drenaje acoplado a los accionadores respectivos 410, 412, 414 y el cable de puerta 502, 504, 506, 508 acoplado al microcontrolador 226 para controlar el funcionamiento del NFET. Como se ilustra en la figura 4, el PFET 402A y el NFET 402B están especializados en un único accionador 410. El PFET 404A y el NFET 404B también están especializados en un único accionador 412, y el PFET 406A y el NFET 406B también están especializados en un único accionador 414, en donde los accionadores 410, 412 y 414 pueden comprender unos accionadores de válvula de admisión, unos accionadores de válvula de salida y unos accionadores de bomba como los descritos anteriormente en relación con la figura 2 y unos elementos 210, 212, 214. El PFET 408A y el NFET 408B, y el circuito de detección de corriente de lado bajo 420, se comparten entre los accionadores 410, 412, 414. El microcontrolador 226 calcula la carga eléctrica basándose en el valor de corriente detectado del cable 509 para determinar el estado de los accionadores.

En una segunda implementación a modo de ejemplo de la presente invención (no mostrada), cada uno de los circuitos de excitación de medio puente 202, 204, 206, 208 puede comprender un NFET tanto en la parte superior o lado de suministro de tensión, como en la parte inferior o lado de toma de tierra de sistema a través del circuito de detección de corriente de lado bajo, en donde las conexiones restantes son las mismas que las descritas anteriormente en relación con la primera implementación. Esta configuración puede usarse si, por ejemplo, la unidad de alta tensión del microcontrolador (µC) menos la fuente de alimentación o suministro de tensión es mayor que el umbral máximo de puerta FET.

En ambas implementaciones a modo de ejemplo primera y segunda, la unidad de alta tensión del microcontrolador (µC) también debe ser más alta que el umbral máximo de puerta FET para encender el NFET de lado bajo. Otras implementaciones de los circuitos de excitación de medio puente pueden usar transistores bipolares, conmutadores o dispositivos similares, o combinaciones de tales dispositivos.

En una operación a modo de ejemplo del circuito de excitación de la figura 4, un terminal 450, 452, 454 de cada uno de los tres accionadores de dos terminales 410, 412, 414, respectivamente, se conecta a los circuitos de excitación de medio puente especializados 402, 404, 406. Los otros terminales 460, 462, 464 de los accionadores 410, 412, 414, respectivamente, se conectan entre sí y se conectan al circuito de excitación de medio puente común 408. Todos circuitos de excitación de medio puente 402, 404, 406, 408 están configurados para conmutar sus conexiones de salida o drenaje entre la tensión de batería/suministro de tensión 416 y la toma de tierra de sistema 418 (a través

del circuito de detección de corriente de lado bajo 420). Un accionador respectivo se controla por el microcontrolador 226 encendiendo adecuadamente tanto su circuito de excitación de medio puente especializado como el circuito de excitación de medio puente común o compartido. El microcontrolador 226 garantiza que solo un accionador esté activo en cualquier momento dado. Como tal, la medición por el circuito de detección de corriente de lado bajo 420 se limita al único accionador activo en cualquier momento dado. La figura 3A es una tabla de verdad para el circuito de excitación a modo de ejemplo de la figura 4 según una realización de la presente invención.

Como se ha indicado anteriormente, el microcontrolador 226 se usa para dirigir el control de cada circuito de excitación de medio puente 402, 404, 406, 408 como se ilustra en la tabla de verdad de la figura 3A. Un accionador respectivo se controla con el microcontrolador encendiendo adecuadamente tanto su circuito de excitación de medio puente especializado como el circuito de excitación de medio puente común o compartido. El microcontrolador 226 garantiza que solo un accionador esté activo en cualquier momento dado.

En el sistema a modo de ejemplo mostrado, los accionadores 410, 412, 414 consisten en una bomba electroquímica y una válvula de admisión para permitir que el contenido de una fuente entre en la bomba y una válvula de salida para permitir que el contenido salga de la bomba. La válvula de admisión puede cerrarse y la válvula de salida abrirse y la bomba accionarse para permitir el contenido bombeado. A continuación, la válvula de salida puede cerrarse y la válvula de admisión abrirse y la bomba desactivarse para permitir que entre el contenido procedente de una fuente. A continuación, la válvula de admisión puede cerrarse y la válvula de salida abrirse de nuevo y la bomba accionarse para permitir el contenido bombeado. La operación puede repetirse para bombear un contenido usando el accionador de bomba electroquímica.

Como se muestra en la figura 3A, un número de posibles estados de válvula de admisión, válvula de salida y accionador de bomba se muestran en la columna más a la derecha, incluyendo un estado “inactivo”, un estado de “válvula de admisión abierta”, un estado de “válvula de admisión cerrada”, un estado de “admisión de bomba”, un estado de “salida de bomba”, un estado de “válvula de salida abierta”, un estado de “válvula de salida cerrada” y un estado “prohibido”. Un estado “prohibido” indica que los estados de señal de control no son válidos, y no es un estado definido de funcionamiento normal. Se muestra un estado de señal de control 501-508 en las columnas 1-8 para cada uno de los posibles estados de accionador. El estado de señal de control mostrado en las columnas 1-8 corresponde a las entradas de puerta 501-508 de los FET 402A, 402B, 404A, 404B, 406A, 406B, 408A, 408B, respectivamente. El microcontrolador 226 tiene prohibido usar cualquier combinación que no esté explícitamente definida en las entradas en la tabla de la figura 3A. Con fines de análisis, el accionador 410 es un accionador de válvula de admisión, el accionador 412 es un accionador de bomba, y el accionador 414 es un accionador de válvula de salida.

Como se ha indicado anteriormente, el microcontrolador 226 calcula la carga eléctrica basándose en los valores de corriente detectados para determinar el estado de los accionadores y controla el estado de cada circuito de excitación de medio puente a través de una entrada de señal de control primera y segunda a cada circuito de excitación para garantizar el funcionamiento cíclico adecuado del sistema de bombeo. En la tabla de la figura 3A, el microcontrolador 226 está configurado para emitir una señal baja (L) suficiente para apagar el FET, o emitir una señal alta (H) suficiente para encender el FET usando las entradas de puerta 501-508. La tabla en la figura 3A es para una realización que usa los FET de canal P en las partes superiores de los medios puentes (p.ej., acoplados a la fuente de alimentación) y los FET de canal N en las partes inferiores de los medios puentes (p.ej., acoplados al circuito de detección).

En estado inactivo (fila 1 de la tabla en la figura 3A), todos los FET 402A, 404A, 406A, 408A están apagados debido a las señales altas de las columnas 1, 3, 5, 7. Todos los FET 402B, 404B, 406B, 408B están apagados debido a las señales bajas de las columnas 2, 4, 6, 8, de la fila 1. No hay toma de tierra ni alimentación conectada a ningún accionador en el estado inactivo, por lo tanto, no puede operar ningún accionador.

En un estado de válvula de admisión abierta (fila 2 de la tabla en la figura 3A), el FET 402A y el FET 408B están encendidos, debido a que una señal baja de la columna 1 conmuta el FET 402A a encendido, y a que una señal alta de la columna 8 conmuta el FET 408B a encendido. Los FET restantes no cambian el estado inactivo. En este caso, el accionador de válvula de admisión 410 está conectado a la alimentación y a la toma de tierra en una polaridad para abrir la válvula de admisión.

En un estado de válvula de admisión cerrada (fila 3 de la tabla en la figura 3A), el FET 402B y el FET 408A están encendidos, debido a que una señal baja de la columna 2 conmuta el FET 402B a encendido, y a que una señal baja de la columna 7 conmuta el FET 408A a encendido. Los FET restantes no cambian el estado inactivo. En este caso, el accionador de válvula de admisión 410 está conectado a la alimentación y a la toma de tierra en una polaridad para cerrar la válvula de admisión.

En un estado de admisión de bomba (fila 4 de la tabla de la figura 3A), el FET 404A y el FET 408B están encendidos, debido a que una señal baja de la columna 3 conmuta el FET 404A a encendido, y a que una señal alta de la columna 8 conmuta el FET 408B a encendido. Los FET restantes no cambian el estado inactivo. En este caso, el accionador de bomba 412 está conectado a la alimentación y a la toma de tierra en una polaridad para operar la bomba para la admisión.

En un estado de salida de bomba (fila 5 de la tabla de la figura 3A), el FET 404B y el FET 408A están encendidos, debido a que una señal baja de la columna 4 conmuta el FET 404B a encendido, y a que una señal baja de la columna 7 conmuta el FET 408A a encendido. Los FET restantes no cambian el estado inactivo. En este caso, el accionador de bomba 412 está conectado a la alimentación y a la toma de tierra en una polaridad para operar la bomba para la salida.

En un estado de válvula de salida abierta (fila 6 de la tabla de la figura 3A), el FET 406A y el FET 408B están encendidos, debido a que una señal baja de la columna 5 conmuta el FET 406A a encendido, y a que una señal alta de la columna 8 conmuta el FET 408B a encendido. Los FET restantes no cambian el estado inactivo. En este caso, el accionador de válvula de salida 414 está conectado a la alimentación y a la toma de tierra en una polaridad para abrir la válvula de salida.

En un estado de salida cerrada (fila 7 de la tabla de la figura 3A), el FET 406B y el FET 408A están encendidos, debido a que una señal baja de la columna 6 conmuta el FET 406B a encendido, y a que una señal baja de la columna 7 conmuta el FET 408A a encendido. Los FET restantes no cambian el estado inactivo. En este caso, el accionador de válvula de salida 414 está conectado a la alimentación y a la toma de tierra en una polaridad para cerrar la válvula de salida.

En cada estado descrito anteriormente, el único accionador que se excita puede monitorizarse por el microcontrolador 226 a través del circuito de detección de corriente de lado bajo 420 como se ha descrito anteriormente. En respuesta a ello, el microcontrolador 226 puede operar el sistema de la siguiente manera a modo de ejemplo. Si todas las válvulas arrancan desde un estado cerrado inicial y la bomba arranca completamente vacía, el microcontrolador 226 abre en primer lugar la válvula de admisión. El FET 402A y el FET 408B están encendidos, debido a que una entrada de señal baja 501 procedente del microcontrolador 226 conmuta el FET 402A a encendido, y una entrada de señal alta 508 procedente del microcontrolador 226 conmuta el FET 408B a encendido. El accionador de válvula de admisión 410 está conectado a la alimentación 416 y a la toma de tierra 418 en una polaridad para abrir la válvula de admisión.

La apertura de la operación de válvula de admisión puede monitorizarse por el microcontrolador 226 a través del circuito de detección de corriente de lado bajo 420 como se ha descrito anteriormente. En respuesta a ello, el microcontrolador 226 puede operar a continuación la admisión de bomba. El FET 404A y el FET 408B están encendidos, debido a que una entrada de señal baja 503 procedente del microcontrolador 226 conmuta el FET 404A a encendido, y una entrada de señal alta 508 procedente del microcontrolador 226 conmuta el FET 408B a encendido. El accionador de bomba 412 está conectado a la alimentación 416 y a la toma de tierra 418 en una polaridad para operar la bomba para la admisión.

La operación de admisión de bomba puede monitorizarse por el microcontrolador 226 a través del circuito de detección de corriente de lado bajo 420 como se ha descrito anteriormente. En respuesta a ello, el microcontrolador 226 cierra a continuación la válvula de admisión. El FET 402B y el FET 408A están encendidos, debido a que una entrada de señal baja 502 procedente del microcontrolador 226 conmuta el FET 402B a encendido, y una entrada de señal baja 507 procedente del microcontrolador 226 conmuta el FET 408A a encendido. El accionador de válvula de admisión 410 está conectado a la alimentación 416 y a la toma de tierra 418 en una polaridad para cerrar la válvula de admisión.

El cierre de la operación de válvula de admisión puede monitorizarse por el microcontrolador 226 a través del circuito de detección de corriente de lado bajo 420 como se ha descrito anteriormente. En respuesta a ello, el microcontrolador 226 abre a continuación la válvula de salida. El FET 406A y el FET 408B están encendidos, debido a que una entrada de señal baja 505 procedente del microcontrolador 226 conmuta el FET 406A a encendido, y una entrada de señal alta 508 procedente del microcontrolador 226 conmuta el FET 408B a encendido. El accionador de válvula de salida 414 está conectado a la alimentación 416 y a la toma de tierra 418 en una polaridad para abrir la válvula de salida.

La apertura de la operación de válvula de salida puede monitorizarse por el microcontrolador 226 a través del circuito de detección de corriente de lado bajo 420 como se ha descrito anteriormente. En respuesta a ello, el microcontrolador 226 opera a continuación la salida de bomba. El FET 404B y el FET 408A están encendidos, debido a que una entrada de señal baja 504 procedente del microcontrolador 226 conmuta el FET 404B a encendido, y una entrada de señal baja 507 procedente del microcontrolador 226 conmuta el FET 408A a encendido. El accionador de bomba 412 está conectado a la alimentación 416 y a la toma de tierra 418 en una polaridad para operar la bomba para la salida.

La operación de salida de bomba puede monitorizarse por el microcontrolador 226 a través del circuito de detección de corriente de lado bajo 420 como se ha descrito anteriormente. En respuesta a ello, el microcontrolador 226 cierra a continuación la válvula de salida. El FET 406B y el FET 408A están encendidos, debido a que una entrada de señal baja 506 procedente del microcontrolador 226 conmuta el FET 406B a encendido, y una entrada de señal baja 507 procedente del microcontrolador 226 conmuta el FET 408A a encendido. El accionador de válvula de salida 414 está conectado a la alimentación 416 y a la toma de tierra 418 en una polaridad para cerrar la válvula de salida. A continuación, el procedimiento puede repetirse según sea necesario, monitorizándose el contenido de la entrega

acumulado por el microcontrolador 226.

Como se ha indicado anteriormente, la bomba puede estar compuesta de un accionador de tipo bomba electroquímica que tiene un alojamiento que contiene en el mismo al menos tres cámaras, en donde las cámaras primera y segunda contienen un fluido de bombeo, y la tercera cámara contiene una sustancia a bombear desde una salida de la tercera cámara. Durante el funcionamiento, una tensión aplicada +V se usa para mover el fluido de bombeo de la cámara uno a la cámara dos a través de una membrana selectiva entre las cámaras uno y dos, ejerciendo de este modo una presión en la cámara tres a través de la expansión del diafragma de expansión entre las cámaras dos y tres. A continuación, el contenido de la cámara tres se fuerza o se bombea desde la cámara tres a través del puerto de salida. La inversión del potencial de tensión aplicado -V se usa, a continuación, para invertir el movimiento fluido de bombeo de la cámara dos a la cámara uno, creando de este modo una presión reducida en la cámara tres mediante un movimiento inverso del diafragma de expansión. A continuación, el contenido se introduce en la cámara tres y se repite el proceso.

La descripción ordenada anteriormente se presenta para facilitar la comprensión de la tabla de verdad de la figura 3A. El funcionamiento real del circuito de excitación puede variar el orden de señales presentado anteriormente. Por ejemplo, la tabla de verdad de la figura 3B ilustra cómo la lógica de control opera para diferentes tipos de FET. Para un FET de canal P, puede usarse una señal de control alta (H) por el microcontrolador 226 para apagar el FET de canal P, y puede usarse una señal de control baja (L) para encender el FET de canal P. Para un FET de canal N, puede usarse una señal de control alta (H) por el microcontrolador 226 para encender el FET de canal P, y puede usarse una señal de control baja (L) para apagar el FET de canal P.

Además, como se muestra en la fila 8 de la tabla de verdad de la figura 3A, está prohibida cualquier otra combinación de señales altas y bajas procedentes del microcontrolador 226. Por ejemplo, algunas combinaciones no mencionadas podrían dar como resultado que múltiples accionadores se activaran al mismo tiempo. En estos casos, no puede determinarse la localización real de cada accionador y puede conducir a daños en uno o más de los accionadores. Además, algunas combinaciones no mencionadas podrían dar como resultado un cortocircuito directo entre la alimentación y la toma de tierra en el circuito de excitación que podría dañar el propio circuito u otros componentes.

Además, aunque en las realizaciones a modo de ejemplo solo se muestran tres accionadores, la presente invención puede ampliarse para operar cualquier pluralidad de accionadores. Además, el circuito de detección de corriente 220, 420 puede localizarse en el lado alto del circuito de excitación, tal como entre la fuente de los FET 402, 404, 406, 408 y el suministro de tensión 416. El circuito de detección de corriente también puede consistir en una pluralidad de circuitos de detección de corriente con, por ejemplo, uno localizado en línea con cada accionador.

Una ventaja de la presente invención es que se minimiza el número total de componentes activos para lograr el menor coste posible. Al proporcionar un circuito de excitación de medio puente en un lado del circuito, y proporcionar tres circuitos de excitación de medio puente individuales en el otro lado del circuito, y un circuito de detección de corriente común localizado en el lado bajo del circuito de excitación, hay menos componentes, por lo que se requiere menos espacio físico, pueden reducirse los costes, y se mantiene una detección de corriente total.

Aunque anteriormente solo se han descrito en detalle unas cuantas realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención, los expertos en la técnica apreciarán fácilmente que son posibles muchas modificaciones en las realizaciones a modo de ejemplo sin alejarse materialmente de las novedosas enseñanzas y ventajas de la presente invención. Por consiguiente, todas estas modificaciones están destinadas a incluirse dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de excitación de accionador, que comprende:

una bomba que comprende unas válvulas;
un accionador de bomba (212, 214);
una pluralidad de accionadores de válvula (210);
un circuito de excitación de medio puente especializado para cada uno de dicho accionador de bomba (212, 214) y dicha pluralidad de accionadores de válvula (210); y
un circuito de excitación de medio puente común (202, 204, 206, 208) para la totalidad de dicho accionador de bomba (212, 214) y dicha pluralidad de accionadores de válvula (210),
en donde dicho circuito de excitación de medio puente común (202, 204, 206, 208) para la totalidad de dicho accionador de bomba (212, 214) y dicha pluralidad de accionadores de válvula (210) está adaptado para excitar uno de dicho accionador de bomba (212, 214) y dicha pluralidad de accionadores de válvula (210) en cooperación con dichos circuitos de excitación de medio puente especializados para cada uno de dicho accionador de bomba (212, 214) y dicha pluralidad de accionadores de válvula (210).

2. Un sistema de excitación de accionador según la reivindicación 1, que comprende además:

un circuito de detección de corriente común para la totalidad de dicho accionador de bomba (212, 214) y dicha pluralidad de accionadores de válvula (210),
en donde dicho circuito de detección de corriente común detecta una corriente de uno de dicho accionador de bomba (212, 214) y dichos accionadores de válvula (210) excitados.

3. Un sistema de excitación de accionador según la reivindicación 1, en donde dicho accionador de bomba (212, 214) está acoplado eléctricamente entre un primer circuito de excitación de medio puente especializado y dicho circuito de excitación de medio puente común (202, 204, 206, 208).

4. Un sistema de excitación de accionador según la reivindicación 1, en donde uno de dicha pluralidad de accionadores de válvula (210) está acoplado eléctricamente entre un segundo circuito de excitación de medio puente especializado y dicho circuito de excitación de medio puente común (202, 204, 206, 208).

5. Un sistema de excitación de accionador según la reivindicación 4, en donde:

dicho segundo circuito de excitación de medio puente especializado y dicho circuito de excitación de medio puente común (202, 204, 206, 208) están configurados para conmutar selectivamente un suministro de tensión y una toma de tierra de sistema a dicho accionador de válvula (210).

6. Un sistema de excitación de accionador según la reivindicación 1, en donde uno de dicha pluralidad de accionadores de válvula (210) está acoplado eléctricamente entre un tercer circuito de excitación de medio puente especializado y dicho circuito de excitación de medio puente común (202, 204, 206, 208); y
dicho tercer circuito de excitación de medio puente especializado y dicho circuito de excitación de medio puente común (202, 204, 206, 208) están configurados para conmutar selectivamente un suministro de tensión y una toma de tierra de sistema a dicho accionador de válvula (210).

7. Un sistema de excitación de accionador según la reivindicación 1, en donde dicho accionador de bomba (212, 214) comprende un accionador de tipo bomba electroquímica.

8. Un sistema de excitación de accionador según la reivindicación 2, en donde:

dicho circuito de detección de corriente común está acoplado eléctricamente entre cada uno de dichos circuitos de excitación de medio puente especializados y una toma de tierra de sistema; y
dicho circuito de detección de corriente común está acoplado eléctricamente entre dicho circuito de excitación de medio puente común (202, 204, 206, 208) y dicha toma de tierra de sistema.

9. Un sistema de excitación de accionador según la reivindicación 3, en donde:

dicho circuito de excitación de medio puente especializado y dicho circuito de excitación de medio puente común (202, 204, 206, 208) están configurados para conmutar selectivamente un suministro de tensión y una toma de tierra de sistema a al menos uno de dichos accionadores.

10. Un sistema de excitación de accionador según la reivindicación 1, en donde cada circuito de excitación de medio puente mencionado comprende un transistor de efecto campo de canal p (PFET) y un transistor de efecto campo de canal n (NFET).

11. Un sistema de excitación de accionador según la reivindicación 1, en donde cada circuito de excitación de medio puente mencionado comprende un transistor de efecto campo de canal n primero y segundo (NFET).

12. Un sistema de excitación de accionador según la reivindicación 2, que comprende además:

un microcontrolador acoplado eléctricamente a dicho circuito de detección de corriente y cada uno de dichos circuitos de excitación de medio puente para controlar selectivamente dichos circuitos de excitación de medio puente para excitar uno de dicha pluralidad de accionadores, y

dicho microcontrolador está configurado para determinar un volumen transferido por dicho sistema de excitación en respuesta a una salida del circuito de detección de corriente.

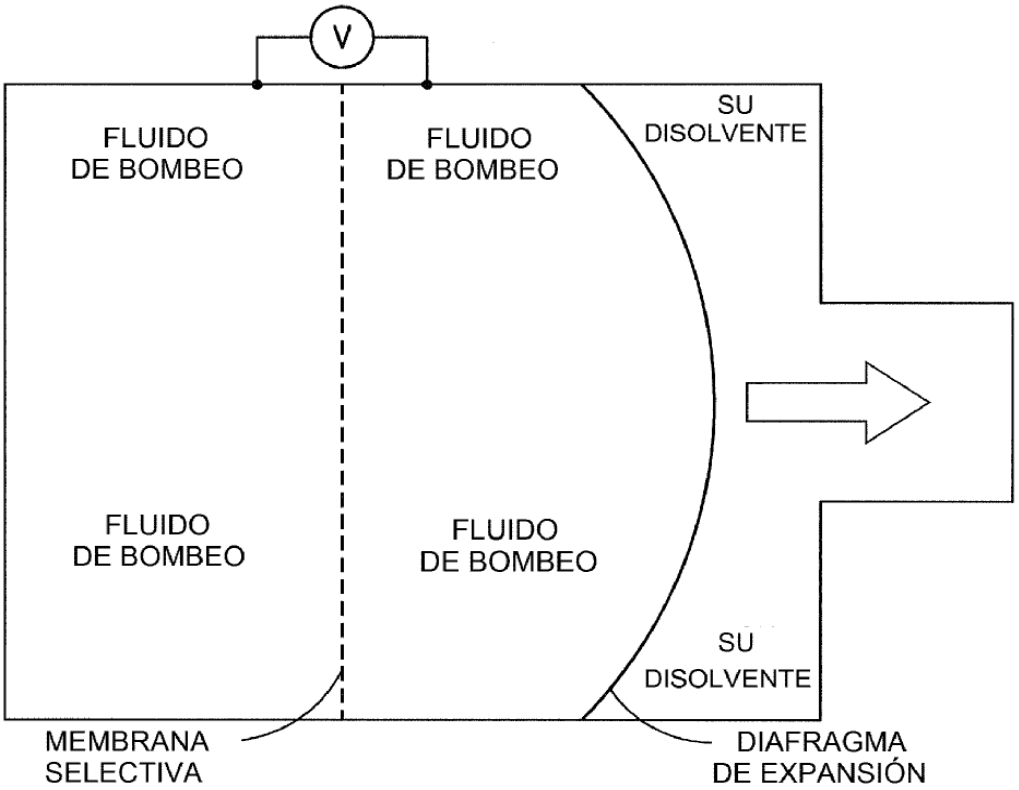

V
FLUIDO
DE BOMBEO
FLUIDO
DE BOMBEO
SU
DISOLVENTE
FLUIDO
DE BOMBEO
FLUIDO
DE BOMBEO
SU
DISOLVENTE
MEMBRANA
SELECTIVA
DIAFRAGMA
DE EXPANSIÓN

FIG.1A

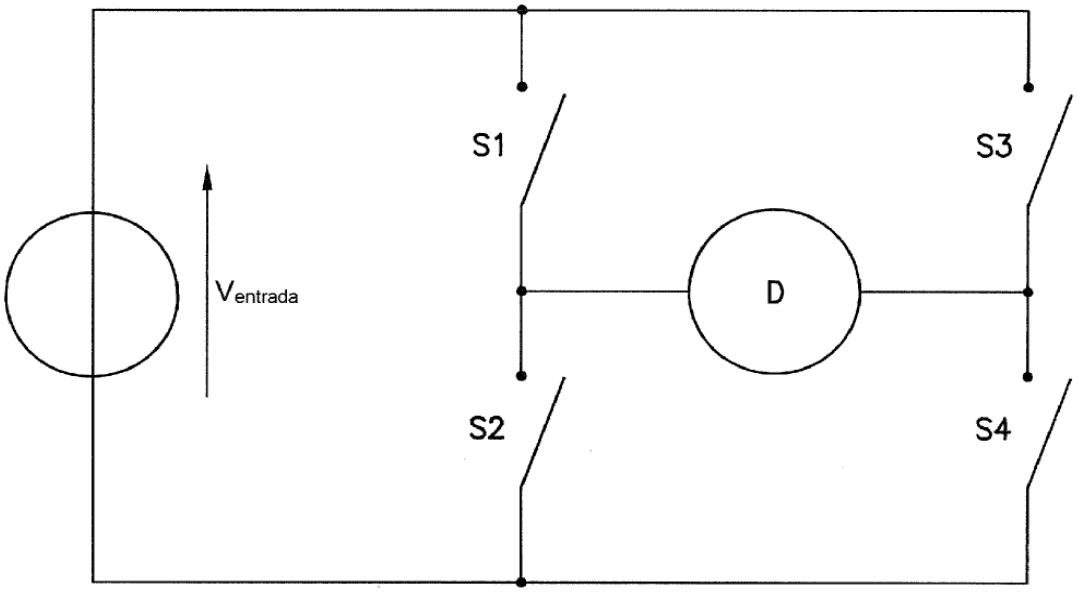

S1
S3
Ventrada
D
S2
S4

FIG.1B

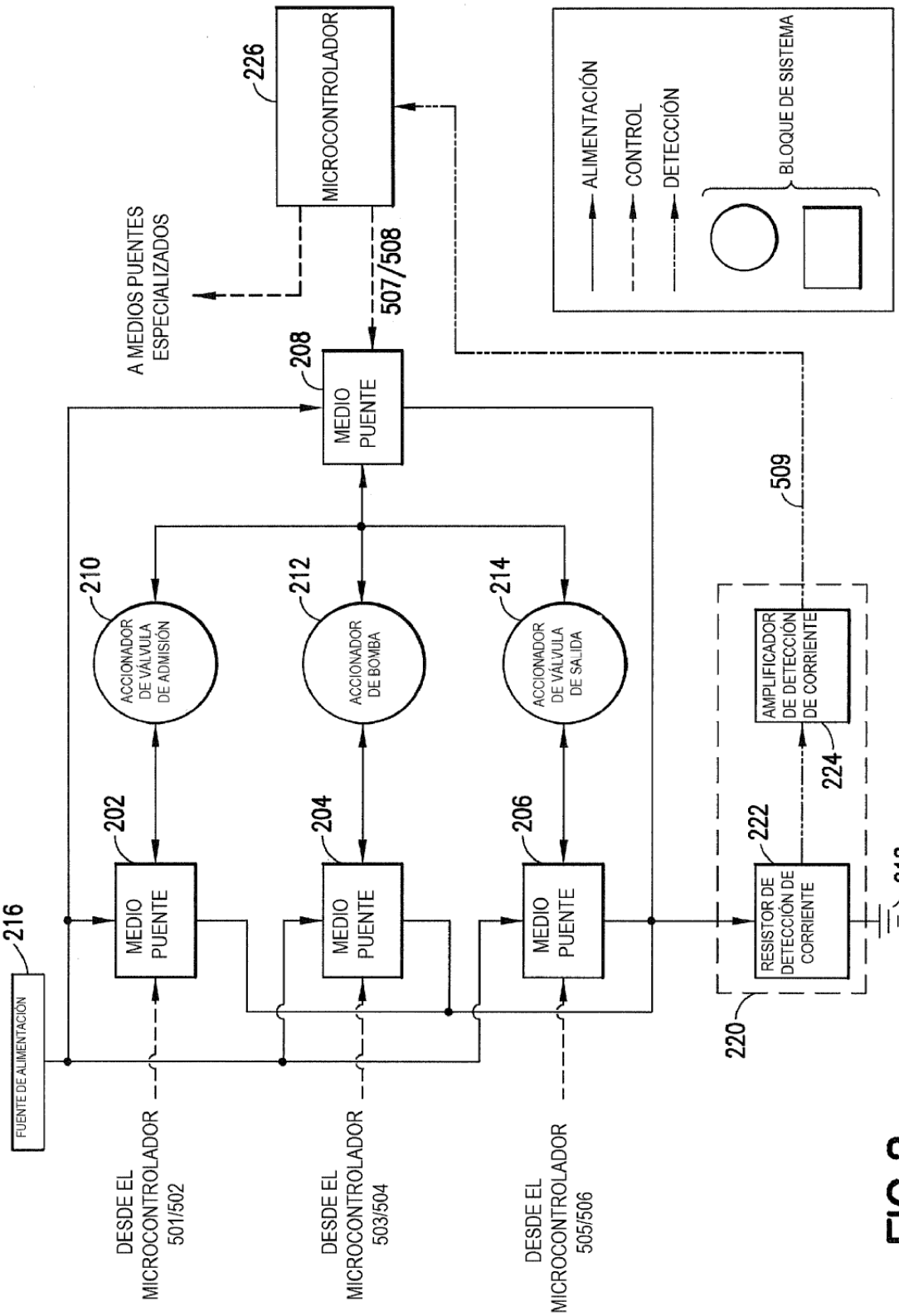

226
MICROCONTROLADOR
A MEDIOS PUENTES ESPECIALIZADOS
507/508
208
MEDIO PUENTE
ALIMENTACIÓN
CONTROL
DETECCIÓN
BLOQUE DE SISTEMA
509
210
ACCIONADOR DE VÁLVULA DE ADMISIÓN
212
ACCIONADOR DE BOMBA
214
ACCIONADOR DE VÁLVULA DE SALIDA
AMPLIFICADOR DE DETECCIÓN DE CORRIENTE
224
202
MEDIO PUENTE
204
MEDIO PUENTE
206
MEDIO PUENTE
222
RESISTOR DE DETECCIÓN DE CORRIENTE
218
216
FUENTE DE ALIMENTACIÓN
220
DESDE EL MICROCONTROLADOR 501/502
DESDE EL MICROCONTROLADOR 503/504
DESDE EL MICROCONTROLADOR 505/506

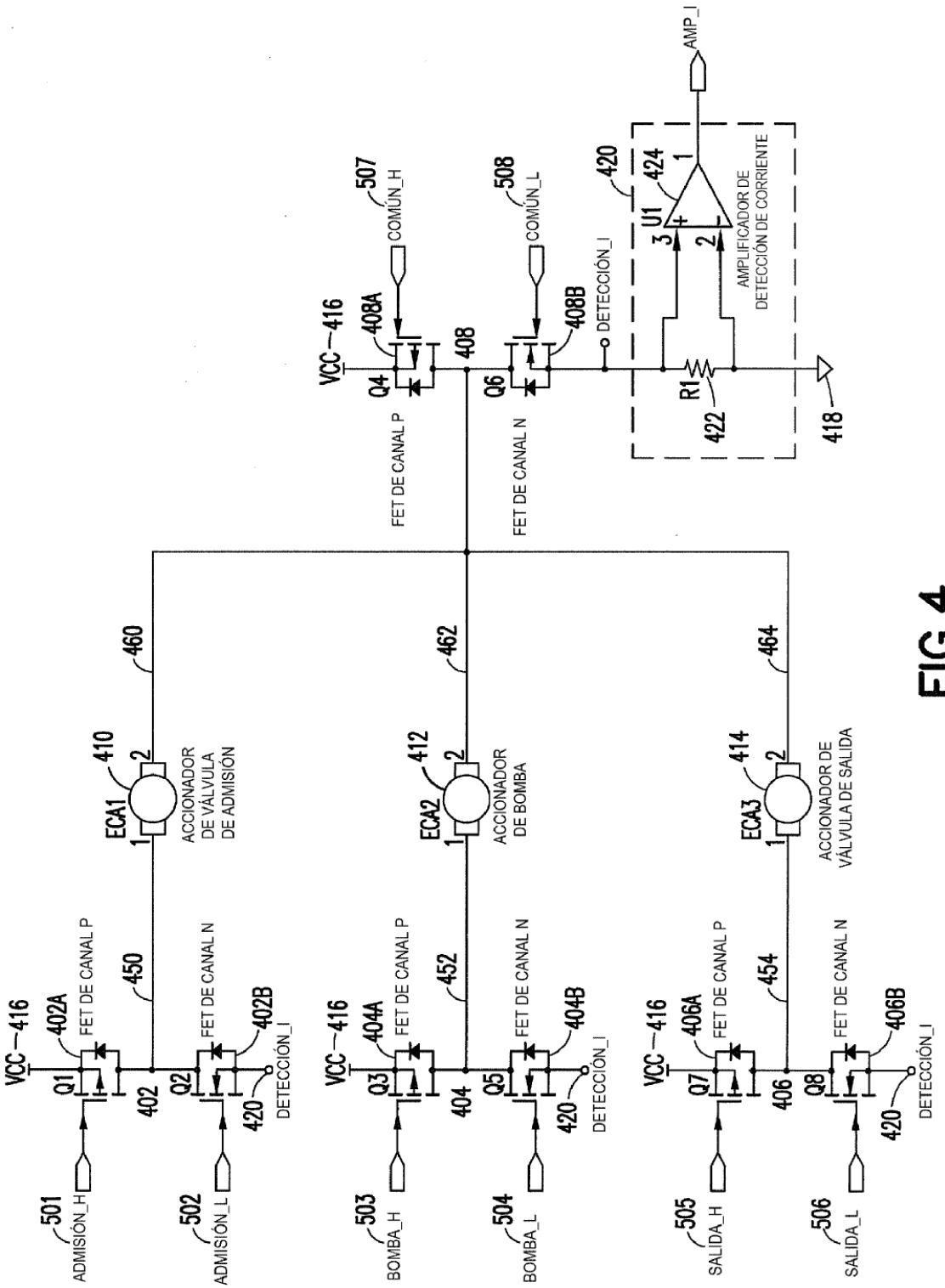
FIG.2

402A	402B	404A	404B	406A	406B	408A	408B	
ESTADO DE SEÑAL DE CONTROL								ESTADO
ADMISIÓN_H	ADMISIÓN_L	BOMBA_H	BOMBA_L	SALIDA_H	SALIDA_L	COMÚN_H	COMÚN_L	
H	L	H	L	H	L	H	L	INACTIVO
L	L	H	L	H	L	H	H	VÁLVULA DE ADMISIÓN ABIERTA
H	H	H	L	H	L	L	L	VÁLVULA DE ADMISIÓN CERRADA
H	L	L	L	H	L	H	H	ADMISIÓN DE BOMBA
H	L	H	H	H	L	L	L	SALIDA DE BOMBA
H	L	H	L	L	L	H	H	VÁLVULA DE SALIDA ABIERTA
H	L	H	L	H	H	L	L	VÁLVULA DE SALIDA CERRADA
TODAS LAS DEMÁS COMBINACIONES NO DEFINIDAS ANTERIORMENTE								PROHIBIDO
501	502	503	504	505	506	507	508	

FIG.3A

	SEÑAL DE CONTROL	ESTADO
CANAL P	H	APAGADO
	L	ENCENDIDO
CANAL N	L	APAGADO
	H	ENCENDIDO

FIG.3B



VCC—416
Q1
402A
FET DE CANAL P
402
Q2
402B
FET DE CANAL N
420
DETECCIÓN_I
450
ECA1
410
ACCIONADOR DE VÁLVULA DE ADMISIÓN
460
Q3
404A
FET DE CANAL P
404
Q5
404B
FET DE CANAL N
452
ECA2
412
ACCIONADOR DE BOMBA
462
Q7
406A
FET DE CANAL P
406
Q8
406B
FET DE CANAL N
454
ECA3
414
ACCIONADOR DE VÁLVULA DE SALIDA
464
501
ADMISIÓN_H
502
ADMISIÓN_L
503
BOMBA_H
504
BOMBA_L
505
SALIDA_H
506
SALIDA_L
Q4
408A
FET DE CANAL P
408
Q6
408B
FET DE CANAL N
507
COMÚN_H
508
COMÚN_L
DETECCIÓN_I
R1
422
418
U1
424
AMPLIFICADOR DE DETECCIÓN DE CORRIENTE
AMP_I

FIG.4