

TÍTULO

BOMBA DE INFUSIÓN CON GUÍA Y CONFIRMACIÓN DE CARGA DE UN TUBO

SOLICITUDES RELACIONADAS

[0001] La presente solicitud reivindica el beneficio de prioridad de la Solicitud Provisional de Patente No. 62/671,858, presentada el 15 de mayo de 2018, titulada “BOMBA DE INFUSIÓN”, la cual se incorpora para referencia en su totalidad.

ANTECEDENTES

[0002] Las anteriores bombas de infusión médicas han comprendido una amplia variedad de métodos para bombear fluidos a un paciente. El más común de estos métodos ha sido una bomba peristáltica. En una bomba peristáltica, una pluralidad de accionadores o dedos sirven para dar masaje a un tubo de administración de fluido parenteral en una progresión sustancialmente lineal. El problema principal asociado con la tecnología de bombeo peristáltica es que el tubo se deforma repetidamente de una manera idéntica, de este modo durante el transcurso del tiempo que destruye las propiedades de recuperación elástica del tubo de manera que el tubo mantiene un aspecto comprimido. Esta destrucción de las propiedades de recuperación elástica del tubo da como resultado que la salida volumétrica de la bomba cambie notablemente con el tiempo. Otro tipo común de bomba utilizada en el suministro volumétrico de fluidos médicos se conoce comúnmente como una bomba de casete. Aunque las bombas de casete no muestran la degradación bastante rápida del rendimiento, como se evidencia en una bomba peristáltica, requieren un casete de bomba bastante elaborado para ser integrado con el tubo IV. Este gasto adicional de tener que cambiar un casete junto con un set de infusión IV cada vez que un operador desea cambiar el medicamento que se le suministra al paciente, aumenta significativamente el coste del cuidado del paciente. Adicionalmente, ya que tanto la bomba peristáltica y la de casete, así como otros dispositivos de infusión presentes en el mercado, requieren un conocimiento bastante elaborado del dispositivo de bombeo específico para asegurar que el

set de infusión IV sea cargado apropiadamente, en general, las bombas de infusión médica eran puramente el alcance del personal de enfermería o médico en un entorno hospitalario.

[0003] La necesidad de cargar manualmente un set en una bomba IV es universal en la técnica. Por lo general, cuando se utiliza un conjunto IV estándar, además de la rápida degradación de la precisión mencionada anteriormente, se encuentra dificultad para cargar correctamente el set en aquellas bombas que se encuentran actualmente en la técnica. El estado de la técnica de la tecnología de carga, tal y como hace referencia a las bombas de infusión médicas, ha progresado solamente al estado de encerrar el tubo IV entre un dispositivo de bombeo y una puerta o cubierta y agregar sensores y alarmas progresivamente más elaborados para asegurar que el tubo está cargado de manera correcta en la bomba. Aun así, se pueden producir errores de carga que requieren grandes esfuerzos por parte del personal hospitalario a fin de asegurar que se reduzcan al mínimo los errores críticos.

[0004] El estado de la técnica en las bombas de infusión también incluye el requerimiento de asegurar manualmente que no ocurra una condición de flujo libre de medicamento cuando se instala o se remueve un set de infusión IV de una bomba. Aunque el personal hospitalario ejerce gran cuidado y diligencia en sus intentos para asegurar que no se produzcan condiciones de flujo libre, una necesidad demostrable de precauciones adicionales dirigidas a la prevención de una condición de flujo libre ha sido una preocupación continua de los trabajadores de la salud.

RESUMEN DE LA INVENCION

[0005] La presente invención proporciona una bomba de infusión en la que la bomba tiene un cuerpo de bombeo, que consiste en una ranura en forma de v que se extiende longitudinalmente a lo largo del ensamblaje de bomba, y tiene asociado con ella una mandíbula fija y una móvil y una pluralidad de válvulas ubicadas en cualquier extremo de la ranura o lanzadera en forma de v.

[0006] Durante la operación, un operador, por ejemplo, una enfermera o un paciente puede comenzar la infusión de un medicamento insertando un tubo de un set IV estándar en un orificio de carga de tubo ubicado en la parte frontal de la bomba. Adicionalmente, el operador insertaría simultáneamente una abrazadera deslizante, que

está asociada con el tubo, en un orificio apropiado de la abrazadera deslizante situado aguas arriba, es decir, más hacia la fuente de fluido, del orificio de carga del tubo. El operador activaría entonces una secuencia de carga de tubo para cargar el tubo en la canaleta para tubo. En un ejemplo, una serie de gatillos de retención y una mandíbula superior móvil servirán para sujetar el tubo y llevarlo a la canaleta de tubo, parte que está constituida por la ranura en forma de v y las válvulas. A medida que progresa el ciclo de carga, las mandíbulas y los gatillos de retención se cierran alrededor del tubo que capturado dentro de la canaleta para tubo. Secuencialmente a medida que las válvulas se cierran para ocluir el tubo, la abrazadera deslizante se movería a una posición tal que la abrazadera deslizante ya no ocluya el tubo. Al recibir señales apropiadas de componentes electrónicos asociados que determinarían la velocidad de bombeo, volumen permisible de aire, temperatura y presión, se acciona la bomba en donde se extrae fluido de la fuente de fluido y se expulsa de la bomba en una cantidad constante y medida.

[0007] En el caso de que el tubo sea cargado erróneamente en el orificio de carga de tubo o en la canaleta para tubo, los sensores apropiados determinarían la existencia de tal estado y provocar una alarma dirigida al mismo. Al final de la infusión, el accionamiento por parte de un operador servirá para cerrar automáticamente la abrazadera deslizante y para liberar el tubo de la bomba.

[0008] La bomba comprende una variedad de sensores dirigidos para mejorar la seguridad de la infusión de medicamento y que proporcionan información en el estado del fluido que pasa a través de la bomba. Por ejemplo, los sensores brindan información sobre el estado de varios subconjuntos mecánicos dentro de la propia bomba, tal como una situación de posición de la lanzadera o de la ranura en forma de v antes mencionada, operación de la válvula, localización de la abrazadera deslizante y detección de carga errónea.

[0009] Los sensores relacionados con el estado del fluido que se pasa a través de la bomba se han mejorado por sí mismos con respecto a la precisión. Esto se ha logrado mediante el desarrollo de un método para hacer contacto entre el sensor y el tubo de manera que el contacto es normal para el tubo y el tubo se coloca en contacto con los diversos sensores de tal manera que no exista un gradiente volumétrico ni de tensión a través del tubo.

[0010] Los aspectos del objeto que se describen en este documento pueden ser útiles solos o en combinación con uno o más de los otros aspectos descritos en el presente. En un aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, una bomba de infusión incluye una carcasa con una puerta montada de manera pivotante en la carcasa.

[0011] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente descripción, que se puede utilizar en combinación con uno o más de los aspectos precedentes, la bomba de infusión incluye un canal de tubo en la carcasa, que está configurado para retener un tubo en la bomba de infusión. El canal de tubo se puede colocar al menos parcialmente detrás de la puerta.

[0012] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que se puede utilizar en combinación con uno o más de los aspectos precedentes, la bomba de infusión incluye un mecanismo de bombeo que incluye una lanzadera. El mecanismo de bombeo puede estar ubicado detrás de la puerta.

[0013] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que se puede utilizar en combinación con uno o más de los aspectos precedentes, la bomba de infusión incluye un dispositivo de expulsión de abrazadera deslizante configurado para expulsar una abrazadera deslizante de un canal.

[0014] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente descripción, que se puede utilizar en combinación con uno o más de los aspectos precedentes, el dispositivo de expulsión de abrazadera deslizante incluye un solenoide configurado para expulsar de manera automática la abrazadera deslizante con base en una o más entradas de uno o más sensores dispuestos en la bomba de infusión.

[0015] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que se puede utilizar en combinación con uno o más de los aspectos precedentes, el uno o más sensores incluye un primer sensor de efecto Hall configurado para detectar cuando la puerta se encuentra en el estado cerrado.

[0016] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que se puede utilizar en combinación con uno o más de los aspectos precedentes, el uno o más sensores incluye un sensor IR configurado para detectar cuando la puerta está bloqueada mientras se encuentra en el estado cerrado.

[0017] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que se puede utilizar en combinación con uno o más de los aspectos precedentes, el uno o más sensores incluye un sensor de presión configurado para detectar la presencia del tubo en el punto de carga a lo largo del canal del tubo.

[0018] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que se puede utilizar en combinación con uno o más de los aspectos precedentes, el uno o más sensores incluye un segundo sensor de efecto Hall configurado para detectar que una válvula está cerrada para colocar el tubo en un estado ocluido.

[0019] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que se puede utilizar en combinación con uno o más de los aspectos anteriores, la bomba de infusión está configurada para iniciar una infusión después de recibir una confirmación de que al menos una de las abrazaderas deslizantes está en un estado expulsado y la puerta está en un estado cerrado.

[0020] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que puede utilizarse en combinación con uno cualquiera o más de los aspectos anteriores, el tubo se encuentra en un estado ocluido después de que la abrazadera deslizante se inserta dentro del canal

[0021] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que puede utilizarse en combinación con uno o más de los aspectos anteriores, la bomba de infusión incluye un sensor que detecta la presencia de la abrazadera deslizante dentro del canal y donde este sensor es un sensor de efecto Hall.

[0022] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que puede utilizarse en combinación con uno o más de los aspectos anteriores, la bomba de infusión incluye además un sistema de guía de carga de tubo, en el que el sistema de guía de carga de tubo incluye una o más señales visuales configuradas para proporcionar orientación a un usuario durante la carga del tubo.

[0023] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que puede utilizarse en combinación con uno cualquiera o más de los aspectos anteriores, las señales visuales incluyen un primer diodo emisor de luz, un segundo diodo emisor de luz y una pantalla. El primer y el segundo diodo emisor de luz están configurados para

indicar si un tubo está cargado de manera adecuada o inadecuada en los puntos de carga respectivos de la bomba de infusión.

[0024] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que puede utilizarse en combinación con uno cualquiera o más de los aspectos anteriores, la bomba de infusión incluye además un sensor de oclusión. El sensor de oclusión está configurado para determinar si una línea de infusión conectada a la bomba de infusión está bloqueada.

[0025] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que puede utilizarse en combinación con uno o más de los aspectos anteriores, el sensor de oclusión determina si una línea de infusión está bloqueada calculando una pendiente de una curva de fuerza, una pendiente de una curva de presión, una comparación con una medición de fuerza de referencia, una comparación con una medición de presión de referencia o un área bajo la curva de fuerza.

[0026] De acuerdo con otro aspecto ejemplar de la presente divulgación, que puede usarse en combinación con uno cualquiera o más de los aspectos anteriores, la bomba de infusión incluye además un acelerómetro. El acelerómetro está configurado para detectar una oclusión o si la bomba de infusión experimentó un impacto externo.

[0027] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que se puede utilizar en combinación con uno o más de los aspectos precedentes, la bomba de infusión está ubicada en un estante con al menos otra bomba de infusión o con una bomba de jeringa.

[0028] Los aspectos del objeto que se describen en este documento pueden ser útiles solos o en combinación con uno o más de los otros aspectos descritos en el presente. En otros aspectos a modo de ejemplo de la presente divulgación, un sistema de guía de carga de tubo para colocar un tubo dentro de una carcasa de una bomba de infusión incluye una señal visual, una segunda señal visual y una tercera señal visual. La primera señal visual está configurada para indicar la carga adecuada e inadecuada de una abrazadera deslizante en la bomba de infusión. La segunda señal visual está configurada para indicar tanto la carga adecuada como la inadecuada del tubo en un primer punto de carga en la bomba de infusión. Además, la tercera señal visual está configurada para indicar tanto la

carga adecuada como la inadecuada del tubo en un segundo punto de carga en la bomba de infusión.

[0029] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que puede utilizarse en combinación con uno o más de los aspectos anteriores, la segunda señal visual y la tercera señal visual incluyen diodos emisores de luz.

[0030] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que puede utilizarse en combinación con uno o más de los aspectos precedentes, los diodos emisores de luz indican la carga adecuada al iluminarse con un primer color. Además, los diodos emisores de luz indican una carga inadecuada al iluminarse con un segundo color.

[0031] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que puede utilizarse en combinación con uno o más de los aspectos anteriores, la segunda señal visual se ilumina con base en una salida de un sensor de presión asociado con el primer punto de carga.

[0032] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que puede utilizarse en combinación con uno o más de los aspectos anteriores, la tercera señal visual se ilumina con base en una salida de un sensor de presión diferente asociado con el segundo punto de carga.

[0033] Los aspectos del objeto que se describen en este documento pueden ser útiles solos o en combinación con uno o más de los otros aspectos descritos en el presente. En otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, un método para detectar una oclusión incluye monitorizar una medición de presión, comparar la medición de presión con un umbral, y determinar la existencia de una oclusión dentro de un tubo de una bomba de infusión cuando la medición de presión es mayor que el umbral. La medición de presión puede basarse en una conversión analógica-digital (ADC, por sus siglas en inglés) actual, una ADC de referencia y una pendiente de una gráfica de presión de ADC. Además, el umbral puede basarse en un modo de detección de oclusión seleccionado.

[0034] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que puede utilizarse en combinación con uno o más de los aspectos anteriores, el modo de detección de oclusión seleccionado incluye uno de un modo de detección de oclusión rápida y un modo de detección de oclusión no rápida.

[0035] De acuerdo con otro aspecto a modo de ejemplo de la presente divulgación, que puede utilizarse en combinación con uno o más de los aspectos anteriores, el umbral es más bajo para el modo de detección de oclusión rápida que para el modo de detección de oclusión no rápida.

[0036] En la medida en que cualquiera de estos aspectos sea mutuamente exclusivo, debe entenderse que tal exclusividad mutua no limitará de ninguna manera la combinación de tales aspectos con cualquier otro aspecto, ya sea que dicho aspecto se recite explícitamente o no. Cualquiera de estos aspectos puede reivindicarse, sin limitación, como sistema, método, aparato, dispositivo, medio, etc.

[0037] Por lo tanto, es un objeto principal de la invención proporcionar una bomba de infusión capaz de administrar un volumen exacto de medicamento utilizando un equipo de infusión estándar.

[0038] Otro objeto de la invención es proporcionar una bomba de infusión capaz de detectar la carga adecuada del tubo IV.

[0039] Otro objeto de la invención es proporcionar una bomba de infusión capaz de proporcionar una guía de carga del tubo IV a un usuario.

[0040] Otro objeto de la invención es proporcionar la expulsión de una abrazadera deslizante accionada automáticamente con base varias entradas de sensor de la bomba.

[0041] Otro objeto de la invención es proporcionar detección de oclusión para una bomba de infusión.

[0042] Otro objeto adicional de la invención es proporcionar detección de gotas para una bomba de infusión.

[0043] Otro objeto adicional de la invención es proporcionar administración de energía para una bomba de infusión.

[0044] Las características y ventajas adicionales de la bomba de infusión divulgada se describen en el presente documento, y serán evidentes a partir de descripción detallada y figuras a continuación. Las características y ventajas descritas en este documento no incluyen todo y, en particular, muchas características y ventajas adicionales serán evidentes para un experto en la técnica a la vista de las figuras y descripción. Además, cualquier realización particular no tiene por qué tener todas las ventajas listadas aquí. Además, debe tenerse en cuenta que el lenguaje utilizado en la especificación se ha

seleccionado principalmente por motivos de legibilidad y de instrucción, y no para limitar el alcance del objeto inventivo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0045] Las figuras 1A y 1B son vistas en perspectiva de una bomba de infusión con la puerta cerrada de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente divulgación.

[0046] Las figuras 1C y 1D son vistas en perspectiva de una bomba de infusión con la puerta abierta de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente divulgación.

[0047] La figura 2 muestra un diagrama de bloques de un ejemplo de sistema de bomba de infusión de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente divulgación.

[0048] Las figuras 3A, 3B, 3C, y 3D son vistas isométricas de un mecanismo de expulsión de abrazadera deslizante accionada por un solenoide de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente divulgación.

[0049] Las figuras 4A, 4B y 4C son realizaciones alternativas de mecanismos de expulsión de abrazadera deslizante automática.

[0050] La figura 5 es un diagrama de flujo de un ejemplo de proceso para una guía de carga de tubo de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente divulgación.

[0051] La figura 6 es un diagrama de flujo de un ejemplo de proceso para una guía de carga de tubo de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente divulgación.

[0052] La figura 7 es un diagrama de flujo de ejemplo para detectar una perturbación de una bomba que utiliza un acelerómetro de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente divulgación.

[0053] Las figuras 8A y 8B son vistas parciales de una bomba de infusión con indicadores visuales de la carga de tubo de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

[0054] Las figuras 9A, 9B y 9C son vistas en perspectiva de una bomba de infusión con indicadores visuales de la carga de tubo de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

[0055] La figura 10 es una vista isométrica de una bomba de infusión con indicadores visuales de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES DE EJEMPLO

[0056] La divulgación a continuación hace referencia a una bomba de infusión 100. La bomba de infusión 100 puede emplear un ensamblaje de bomba y otras características tales como, entre otras, las descritas en la patente de EE.UU. Nro. 6.213.738; una bomba de infusión volumétrica con carga automática del tubo descrita en la patente de EE.UU. Nro. 6.123.524; una bomba de infusión volumétrica descrita en la patente de EE.UU. Nro. 6.013.057; una bomba de infusión volumétrica descrita en la patente de EE.UU. Nro. 6.129.517; una bomba de infusión volumétrica descrita en la patente de EE.UU. Nro. 6.195.887; una bomba de infusión volumétrica descrita en la patente de EE.UU. Nro. 6.213.723; y una bomba peristáltica descrita en la solicitud de GB Nro. 2238083A, de las cuales se incorporan en su totalidad aquí como referencia. Los ejemplos anteriores no son limitativos y los conceptos que se divulgan en este documento podrían aplicarse en otros dispositivos médicos o bomba de infusión, como por ejemplo, una bomba de jeringa.

[0057] Haciendo referencia a las figuras 1A, 1B, 1C y 1D, se utiliza un sistema de administración de infusión, tal como una bomba de infusión 100 para administrar fluidos (por ejemplo, medicamentos o nutrientes) en cantidades predeterminadas a un paciente. La bomba de infusión 100 incluye una carcasa 110, una puerta 120 conectada de forma pivotante a la carcasa 110, una pantalla 130 y un teclado 140. La pantalla 130 y el teclado 140 están ubicados en la puerta 120 junto con la radiobaliza 150. La pantalla 130 y el teclado 140 se utilizan para programar la bomba de infusión 100, y más específicamente, un procesador en la bomba para establecer la cantidad de suministro de fluido, etc., que luego es comunicada al mecanismo de bombeo. Debería apreciarse que en varias otras realizaciones, uno o más elementos de la pantalla 130 y el teclado 140 podrían combinarse en la pantalla táctil central.

[0058] La radiobaliza 150 se puede utilizar como radiobaliza indicadora que emite luz o sonido para indicar estados operativos o el estado de la bomba 100. Por ejemplo, cuando la bomba 100 está funcionando normalmente e infundiendo fluidos, la radiobaliza 150 puede emitir una luz verde fija. Durante una alarma de prioridad media, la radiobaliza 150 puede emitir una luz amarilla intermitente. De manera similar, durante una alarma de alta prioridad, la baliza puede emitir una luz roja intermitente. La radiobaliza 150 puede emitir otras combinaciones de colores a varios intervalos (por ejemplo, pulsante,

parpadeante, luz sólida) u otras alertas audibles para indicar el estado operativo o el estado de la bomba 100.

[0059] Cuando la bomba 100 está en uso, los fluidos pueden moverse a través de un tubo cargado en la bomba 100. El tubo 160 se carga a lo largo del canal 162 del tubo en la bomba 100. A lo largo del canal 162 del tubo, el tubo pasa a través de una abrazadera deslizante 115, un sensor de aire ultrasónico 172, un sensor de presión aguas arriba 174a, una válvula aguas arriba 176a, la región de bombeo de lanzadera 180, una válvula aguas abajo 176b y un sensor de presión aguas abajo 174b. Otras características de acoplamiento del tubo se encuentran ubicadas en la puerta 100, tal como las muescas 186a, 186b y la guía de tubo 190. La guía de tubo 190 está adaptada para mantener la posición del tubo en la región de bombeo de la lanzadera 180.

[0060] Como se ilustra en las figuras 1C y 1D, los sensores de presión 174a, 174b tienen estructuras de puerta correspondientes (por ejemplo, protuberancias o tornillos de fijación) que aseguran que el tubo 160 se sujeta suficientemente contra el sensor respectivo. Por ejemplo, las protuberancias 184a y 184b corresponden a los sensores de presión 174a, 174b. Además, la protuberancia 182 corresponde al sensor de aire ultrasónico 172. También puede haber muescas de puerta correspondientes para cada una de las válvulas 176a, 176b. Por ejemplo, las muescas 186a y 186b (por ejemplo, las muescas en forma de T ilustradas en la figura 1D) están configuradas para evitar que el tubo se salga o “se deslice” fuera del canal del tubo. Como se ilustra, las muescas 186a, 186b en la puerta 120 están dimensionadas y conformadas para evitar que el tubo 160 “salga” de las válvulas 176a, 176b.

[0061] La puerta 120 también puede incluir pestillo o cerrojos de puerta 192a y 192b que corresponden a las aberturas de montaje de la puerta 194a y 194b en la carcasa de la bomba. Los cerrojos 192a, 192b de las puertas se acoplan con un mecanismo de pestillo de barra deslizante que está conectado operativamente al mecanismo de abrazadera deslizante de modo que la abrazadera deslizante 115 se puede insertar o expulsar dependiendo de una posición de la puerta abierta o cerrada. Por ejemplo, el mecanismo de pestillo de barra puede ser desviado por un resorte hacia el costado corriente abajo de la bomba (por ejemplo, a la izquierda cuando se mira la figura 1D) y cuando se cierra la puerta 120, los pestillos 192a, 192b de la puerta mueven el mecanismo del pestillo de barra

hacia la derecha cuando los pestillos 192a, 192b de la puerta se presionan contra la carcasa de la bomba.

[0062] La puerta 120 también puede incluir un imán 188 que está asociado con un sensor de efecto Hall en la bomba 100. El sensor de efecto Hall está configurado para detectar la presencia del imán 188 para determinar si la puerta 120 está cerrada.

[0063] En un ejemplo, cuando un usuario comienza a mover la puerta 120 desde una posición abierta (ilustrada en las figuras 1C y 1D) a una posición cerrada (ilustrada en las figuras 1A y 1B), al menos una de las válvulas 176a, 176b puede ocluir el tubo 160 durante el proceso de cierre.

[0064] La figura 2 representa un diagrama de componentes de alto nivel de un sistema de bomba de infusión. El sistema de bomba de infusión 200 incluye un procesador 210 en comunicación con una memoria 212, que es alimentado por una batería o fuente de alimentación 230. El procesador 210 se comunica con una pantalla 240, un motor 250 y el mecanismo de bombeo asociado 252 y un módulo de comunicación 260. El sistema de bomba 200 también puede incluir módulos 270 de guía de carga de tubo, tales como un indicador 272 de abrazadera deslizante, indicadores 274 de carga de tubos e instrucciones de visualización 276. Además, el sistema de bomba de infusión 200 puede incluir varios módulos de sensores 280, tales como un codificador de motor 282, un sensor de aire ultrasónico 284, sensores de presión 286, sensores de efecto Hall 288, un sensor de posición de la abrazadera deslizante 290, sensores ópticos 292, sensores de temperatura 294, un acelerómetro 296 o un sensor de luz ambiental 298.

[0065] La fuente de alimentación 230 puede tomar muchas formas diferentes. En una realización preferida, la fuente de alimentación 230 puede tener la forma de una unidad de batería recargable. Además, la bomba se puede alimentar con una fuente de alimentación de CA. El ensamblaje de la fuente de alimentación de CA tiene un cable de alimentación y un terminal asociado que se conecta a la carcasa. El conjunto de la fuente de alimentación de CA tiene un enchufe que se puede insertar en una toma de corriente estándar para recargar la batería recargable cuando sea necesario. La energía de CA también se puede suministrar a través del ensamblaje para alimentar la bomba.

SENSORES ASOCIADOS CON LA BOMBA

[0066] El subensamblaje de la bomba, tal como se describió previamente, tiene asociado con este una pluralidad de sensores que son operativos para brindar información en cuanto a la función y ubicación de sus diferentes elementos. Un codificador del eje de un motor de accionamiento que comprende una rueda de señalización codificadora unida al inducido del eje del motor. La rueda de señalización del motor de la bomba incluye una pluralidad de placas metálicas (p. Ej., 12 placas metálicas) que se extienden radialmente hacia afuera desde su buje.

[0067] Estas placas metálicas actúan juntamente con dos conmutadores ópticos para fijar la ubicación del eje del inducido del motor accionador de la bomba. Los conmutadores ópticos constan además de un diodo emisor de luz (LED) y de una fotocélula. Una disposición de dos conmutadores ópticos permite que un primer conmutador detecte el borde de la placa metálica, y que el segundo conmutador detecte la mitad de la siguiente placa metálica. Esta disposición permite que se obtenga una mejor resolución de la posición del eje del motor y de la dirección leída por el codificador. Por ejemplo, la resolución del codificador puede ser de aproximadamente $1/3072$ de una rotación del eje del motor.

[0068] El codificador del motor siente directamente la rotación del eje. Una rueda de indexación puede tener una pluralidad de ranuras circunferencialmente coextensivas y radialmente dispuestas. Estas ranuras están asociadas con un sensor óptico de rueda de indexación. Este sensor comprende un diodo emisor de luz y un sensor óptico o conmutador. En un ejemplo, el sensor de la rueda de indexación coopera con la rueda de indexación y con las ranuras allí con el fin de proporcionar información posicional de la ubicación rotacional del eje del motor de la bomba.

[0069] Cuando está en operación, el sensor de la rueda de indexación actúa en conjunto con el codificador de la bomba para brindar esta información posicional como también la información direccional del eje del motor. Hay un sensor de posición bruta lineal asociado con la lanzadera en sí. Este sensor comprende un sensor de efecto Hall de posición lineal y una pluralidad de imanes. Los imanes del sensor de posición de la lanzadera presentan polos opuestos al conmutador Hall de la lanzadera, para proporcionar un gradiente de campo operativo para proporcionar una indicación de la posición lineal de la lanzadera.

[0070] La combinación del codificador y los otros sensores asociados antes mencionados, proporcionan entradas a un mecanismo de control, que puede operar para controlar con precisión la velocidad del motor de velocidad variable, la característica principal proporcionada por dicho control de velocidad es una variabilidad temporal de la salida de la bomba. Además, dicho control de velocidad permite una linealización electrónicamente controlada de la salida de la bomba por carrera individual, así como mejorar la salida integrada en el tiempo de la bomba.

[0071] La bomba de infusión también puede incluir un aparato o transductor de detección de aire por ultrasonido. El transductor ultrasónico actúa en conjunto con un segundo elemento transductor para detectar aire dentro del tubo IV.

[0072] La bomba permite que el tubo se extienda o se estire por igual a través del frente del sensor asociado, eliminando así un gradiente volumétrico o de tensión en el tubo debajo del sensor asociado para mejorar la precisión de respuesta del sensor asociado o conectado a la carcasa. Esencialmente todos los sensores asociados con, o activados por, el brazo sensor ejecutan el movimiento descrito anteriormente para lograr el resultado descrito anteriormente.

[0073] La bomba también puede incluir un sensor de presión aguas abajo y una pluralidad de sensores de temperatura, los cuales consisten en termistores.

[0074] La abrazadera deslizante puede incluir un sensor de efecto Hall para identificar la presencia o posición de la abrazadera deslizante 115.

ABRAZADERA DESLIZANTE ACCIONADA POR SELENOIDE

[0075] En un ejemplo, un sistema anti-flujo libre accionado por solenoide puede expulsar automáticamente la abrazadera deslizante 115. La expulsión automática de la abrazadera deslizante 115 puede utilizar varios sensores aquí descritos para mejorar la seguridad del paciente (por ejemplo, evitar una condición de flujo libre) y reducir los errores de expulsión de la abrazadera deslizante al confirmar los sistemas vitales en la bomba antes de la expulsión. La expulsión de la abrazadera deslizante 115 puede automatizarse después de que el sistema establezca que el tubo IV está instalado y cargado adecuadamente, que la puerta está cerrada positivamente y que los sensores respectivos realizan con éxito los chequeos de diagnóstico del sistema.

[0076] En un ejemplo, un usuario puede insertar manualmente la abrazadera deslizable 115, y posteriormente, abrir la puerta 120 de la bomba de infusión 100, y el tubo 160 puede mantenerse positivamente en un estado ocluido. Una vez se cierra la puerta 120 y se confirma la carga adecuada, el sistema anti-flujo libre accionado por solenoide expulsa automáticamente la abrazadera deslizable 115.

[0077] Se pueden utilizar varios sensores dentro de la bomba de infusión para realizar chequeos de diagnóstico. Se pueden utilizar sensores de efecto Hall en la abrazadera deslizable 115 para confirmar que una abrazadera deslizable 115 está presente. Los sensores de presión (por ejemplo, los sensores de presión 174a, 174b) pueden confirmar la carga adecuada del tubo IV. Además, un sensor de efecto Hall (por ejemplo, sensor de efecto Hall en la carcasa 110 y el imán 188 asociado en la puerta 120) puede confirmar que la puerta 120 se encuentra cerrada. Los sensores ópticos, como los sensores infrarrojos ópticos, pueden confirmar que la puerta está asegurada y bloqueada. Adicionalmente, los sensores de presión pueden confirmar que la puerta está cerrada y que la presión se mantiene. Los sensores de efecto Hall colocados dentro del pasador pueden confirmar que la(s) válvula(s) está(n) cerradas. Se puede utilizar cualquier combinación de los sensores anteriores para los chequeos de diagnóstico del sistema previo a la expulsión de la abrazadera deslizable. Después de que el set de sensores establecido realiza con éxito un chequeo de diagnóstico del sistema, se energiza un solenoide y expulsa la abrazadera deslizable 115.

[0078] La expulsión de la abrazadera deslizable también puede estar controlada por sistemas de monitoreo auxiliares que confirman otra información vital, como la información del paciente, información sobre medicamentos, información del médico e información de la bomba. Se pueden utilizar dispositivos auxiliares conectados al paciente para confirmar la aceptabilidad de un medicamento con base en los datos vitales del paciente.

[0079] Como se ilustra en las figuras 3A, 3B, 3C y 3D, el solenoide 310 está colocado dentro de la carcasa de la bomba 110 por encima del canal de la abrazadera deslizable 320. Las figuras 4A, 4B y 4C ilustran diferentes realizaciones alternativas de expulsión automática de la abrazadera deslizable. Como se ilustra en la Figura 4A, el solenoide 310 también se puede colocar alrededor del costado del canal de la abrazadera

deslizante. Se pueden usar otros mecanismos para la expulsión automática de la abrazadera deslizante, como un motor o un piñón y cremallera. También se puede utilizar un mecanismo leva-seguir. En otro ejemplo, un cable con memoria de forma 350 con una disposición de poleas 362, 364 o 366 puede activarse para la expulsión automática de la abrazadera deslizante (como se ilustra en las figuras 4B y 4C). Por ejemplo, el cable con memoria de forma puede tener una primera posición (por ejemplo, cuando se expulsa la abrazadera deslizante) y una segunda posición (por ejemplo, cuando se carga la abrazadera deslizante). Cuando la abrazadera deslizante está lista para ser expulsada automáticamente, se puede aplicar una corriente eléctrica o calor al cable de modo que el cable cambie de la segunda posición a la primera posición y expulse automáticamente la abrazadera 115 deslizante.

[0080] La figura 5 ilustra un ejemplo de secuencia de carga del set IV 500a. Por ejemplo, cuando comienza la carga del tubo IV (bloque 502), el sensor de efecto Hall en la abrazadera deslizante 115 detecta que la abrazadera deslizante 115 está presente (bloque 504). Luego, se abre la puerta 120 y se carga el tubo IV 160, lo que es confirmado por un sensor de presión (por ejemplo, sensores de presión 174a, 174b) (bloque 506). Una vez que la puerta 120 está cerrada, otro sensor de efecto Hall (por ejemplo, el sensor asociado con el imán 188) confirma que la puerta 120 está en la posición cerrada (bloque 508) y un sensor de infrarrojos óptico confirma que el enlace de la puerta está bloqueado (bloque 510). Entonces, un sensor de efecto Hall confirma que al menos una válvula (por ejemplo, válvulas 176a, 176b) está cerrada de manera que el tubo IV 160 está cerrado (bloque 512). Para cada uno de los bloques 504 a 512, la bomba puede proporcionar una guía de carga del tubo (LED, pantalla, audio, etc.) como se describe más adelante (bloque 514). Después de que cada uno de los sensores anteriores confirme que el tubo IV 160, la puerta 120 y la válvula (por ejemplo, las válvulas 176a, 176b) están cargadas o colocadas, la bomba 100 proporciona energía para energizar el solenoide (bloque 516). Entonces, el solenoide se activa para expulsar automáticamente la abrazadera deslizante 115 (bloque 518). Una vez que se expulsa la abrazadera deslizante 115, la bomba 100 puede iniciar una infusión (bloque 520).

[0081] La figura 6 ilustra una secuencia de carga del set IV 500b alternativa. Por ejemplo, después de que los sensores anteriores confirman la carga y el posicionamiento de

los componentes de la bomba (por ejemplo, los bloques 502 a 512), la bomba también puede confirmar la información del paciente, la medicación, el profesional en la salud (por ejemplo, el médico o la enfermera) o la información de la bomba (bloque 552). Los signos vitales del paciente también se pueden confirmar a través de sistemas de monitorización del paciente (bloque 554). Luego, el solenoide se puede energizar y expulsar (bloques 516 y 518) en base a estos chequeos y restricciones de seguridad adicionales.

[0082] A diferencia de los sistemas que utilizan liberaciones de abrazaderas deslizantes mecánicamente temporizadas, la presente divulgación proporciona seguridad adicional al paciente que aprovecha los chequeos de diagnóstico del sistema utilizando muchos sensores para garantizar la carga adecuada del tubo y la configuración de la bomba.

DETECCIÓN DE OCLUSIONES

[0083] Las oclusiones pueden detectarse monitorizando la fuerza o las mediciones de presión utilizando varias técnicas. Además, el usuario puede seleccionar entre detección de oclusión rápida y detección de oclusión no rápida. En el modo de detección rápida de oclusión, la bomba de jeringa 100 puede reportar una oclusión en un 50 % de los umbrales de fuerza o presión que se describen a continuación.

[0084] Valor de diferencia del punto de referencia

[0085] Se puede tomar un valor de fuerza de referencia (por ejemplo, una ventana promedio móvil o deslizante de muestras de medición de fuerza, como, por ejemplo, veinte muestras) después de que arranque el motor. El sensor de fuerza o presión puede generar un recuento del conversor analógico digital ("ADC"). En un ejemplo, el valor de la fuerza de referencia puede ser una ventana de 20 muestras de recuentos de ADC después de que arranca el motor de la bomba. La medición de la fuerza actual se puede monitorizar y se puede determinar un valor de diferencia (por ejemplo, el valor de la fuerza de referencia restado del valor actual). Si el valor de la diferencia excede un umbral predeterminado, puede sonar una alarma de oclusión. La bomba puede tener varios ajustes para diversas sensibilidades de detección de oclusión (por ejemplo, muy alta, alta, media alta, media, baja y muy baja).

[0086] En un ejemplo, la bomba de jeringa 100 puede generar una alarma de oclusión aguas abajo de alta prioridad para las siguientes presiones y sensibilidades de fluido: (Sensibilidad - muy alta; presión de oclusión 344.7 kPa; límite inferior 172.4 kPa; límite superior 358.5 kPa); (sensibilidad: alta; presión de oclusión 110.3 kPa; límite inferior 89.7 kPa; límite superior 124.1 kPa); (sensibilidad: media alta; presión de oclusión 89.7 kPa; límite inferior 68.9 kPa; límite superior 103.4 kPa); (sensibilidad: media; presión de oclusión 68.9 kPa; límite inferior 48.3 kPa; límite superior 82.7 kPa); (sensibilidad: baja; presión de oclusión 48.3 kPa; límite inferior 27.6 kPa; límite superior 62.1 kPa); y (sensibilidad - muy baja; presión de oclusión 27.6 kPa; límite inferior 6.9 kPa; límite superior 41.4 kPa).

[0087] En otro ejemplo, la bomba de jeringa 100 puede generar una alarma de oclusión aguas abajo de alta prioridad para las siguientes presiones y sensibilidades de fluido: (Sensibilidad - muy alta; presión de oclusión 344.7 kPa; límite < 358.5 kPa); (sensibilidad: alta; presión de oclusión 110.3 kPa; límite inferior 82.7 kPa; límite superior 137.9 kPa); (sensibilidad: media alta; presión de oclusión 89.7 kPa; límite inferior 68.9 kPa; límite superior 103.4 kPa); (sensibilidad: media; presión de oclusión 68.9 kPa; límite inferior 48.3 kPa; límite superior 82.7 kPa); (sensibilidad - baja; presión de oclusión 48.3 kPa; límite inferior 27.6 kPa; límite superior 62.1 kPa); y (sensibilidad - muy baja; presión de oclusión 27.6 kPa; límite inferior 13.8 kPa; límite superior 55.2 kPa).

[0088] Para una bomba de infusión, el tubo se relaja en el canal causando un cambio en la fuerza que depende de la temperatura. Por ejemplo, las propiedades del material del tubo cambian según la temperatura y una pendiente de compensación de temperatura se puede agregar tanto para la fuerza de referencia como también para los valores de ADC actuales. Sin embargo, para una bomba de jeringa, el contacto de fuerza de la jeringa es de naturaleza no relajante y un cambio de temperatura no provoca un cambio en las propiedades del material. Además, el sensor de fuerza de la bomba de jeringa está clasificado y compensado para operar desde -10 °C a 40 °C, lo que cubre los rangos de funcionamiento típicos de la bomba sin afectar las variaciones de temperatura del nivel del sistema en la detección de oclusión corriente abajo (DSO, por sus siglas en inglés) para la jeringa.

[0089] Una vez que la bomba alcanza el estado estable, la detección de la oclusión puede basarse en un cambio en la presión o la presión delta en lugar de los valores umbral alto, medio o bajo. Por ejemplo, después de alcanzar un estado estable donde la presión es muy estable, un cambio repentino hacia arriba de la presión puede indicar que la bomba tiene una tendencia a la oclusión. La monitorización de la presión delta después de una estancia estable puede permitir una detección más temprana de la oclusión.

[0090] En un ejemplo, el estado estable se logra cuando hay menos de 6.9 kPa de cambio de presión en los últimos dos minutos de mediciones de presión. Si el sistema no está en una condición de estado estable, la detección de presión delta puede estar desactivada.

[0091] La bomba también puede monitorear los cambios de presión en función del caudal. Se pueden establecer diferentes niveles de referencia y / o umbrales diferentes en función de la velocidad de flujo. Por ejemplo, si la diferencia de presión con respecto al punto de referencia excede una relación predeterminada (por ejemplo, aumento de presión = $0,3 \cdot \text{velocidad de flujo en un minuto de duración}$), suena una alerta o advertencia de una oclusión.

[0092] Pendiente de las medidas de presión

[0093] Una alarma de oclusión se puede generar si la pendiente calculada a partir de la diferencia de dos mediciones de presión excede el valor umbral. La medición de presión se puede tomar en una ventana o intervalo determinado, por ejemplo, cada dos segundos. En un ejemplo, se pueden utilizar dos mediciones de pendiente diferentes para dar cuenta de cualquier fuerza de frenado al comiendo de una infusión. Para evitar falsas alarmas, el valor del umbral inicial puede ser más alto para tener en cuenta las fuerzas de frenado del tubo u otros componentes de la bomba durante el arranque. Después del arranque, el valor umbral puede ser menor después de que la bomba haya superado las fuerzas de frenado.

[0094] Área bajo curva de fuerza

[0095] La detección de oclusión también puede basarse en la energía gastada o en el área entre un punto de referencia y la línea de fuerza actual. El cálculo de área puede compararse con un valor umbral.

DETECCIÓN DE LA TRACCIÓN DEL TUBO CORRIENTE ABAJO

[0096] Las falsas alarmas son un problema cada vez mayor en el mundo de la infusión. El movimiento del paciente puede provocar tracciones o tirones de la tubería aguas abajo. Este movimiento del paciente a menudo conduce a problemas de manejo de la línea y se vuelve cada vez más difícil diferenciar entre una falsa alarma y una verdadera oclusión.

[0097] Se puede monitorear una presión donde la presión es igual al ADC actual menos el ADC de referencia multiplicado por un factor de $(1/\text{DistCalPendiente})$ (por ejemplo, $\text{Presión} = (\text{ADC actual} - \text{ADC de referencia}) * 1/\text{DistCalPendiente}$). El ADC actual puede ser una ventana o una media móvil continua de 50 muestras de conteos del ADC tomadas durante la fase de bombeo a 200 Hz. El ADC de referencia puede ser una suma continua de 50 muestras de los primeros 50 conteos del ADC después de que se inicia la bomba. El término "DistCalPendiente" es una pendiente de dos puntos (puntos tomados a 13.8 kPa y 103.4 kPa) durante la calibración de fabricación. Por ejemplo, el término "DistCalPendiente" es igual a la diferencia del ADC tomado a 103.4 kPa y 13.8 kPa dividido por la diferencia de los valores de kPa (por ejemplo, $\text{DistCalPendiente} = (\text{ADC a } 103.4 \text{ kPa} - \text{ADC a } 13.8 \text{ kPa}) / (103.4 - 13.8)$).

[0098] Una vez que se determina el ADC de referencia, el punto de referencia se mantiene constante mientras que los ADC actuales son típicamente más altos que el ADC de referencia. Si los ADC actuales son más bajos que los ADC de referencia, entonces el ADC de referencia puede actualizarse al ADC actual. Por ejemplo, el ADC actual puede ser más bajo que el ADC de referencia debido a la relajación del tubo, y actualizar el ADC de referencia al ADC actual da cuenta de la relajación del tubo.

[0099] Si la presión calculada es mayor que un umbral establecido, se detecta una oclusión. Además, si se detecta una oclusión, la bomba puede detenerse y se le comunica al médico una alarma de oclusión de alta prioridad.

[00100] Tal y como se discutió con anterioridad, la bomba puede tener varios ajustes para diversas sensibilidades de detección de oclusión (por ejemplo, muy alta, alta, media alta, media, baja y muy baja). Además, el límite inferior puede actualizarse para ayudar a distinguir los escenarios de tirón del tubo y de caída repentina de la relajación del

tubo. En un ejemplo, si se detecta una tracción o un tirón del tubo, se puede transmitir una alerta o comunicación al usuario para que deje de tirar del tubo.

ACELERÓMETRO

[00101] Los filtros de media móvil digitales filtran chispas o señales de ruido indeseadas. Sin embargo, el ruido generado mecánicamente también puede ser inesperado e irregular, lo cual puede conllevar a falsas alarmas. En algunos ejemplos, el ruido generado mecánicamente puede ser más problemático que el ruido eléctrico.

[00102] Se puede utilizar un acelerómetro para ayudar a distinguir o filtrar sonidos o chispas repentinos mecánicamente inducidos. Fuentes a modo de ejemplo de estos sonidos pueden venir de un operador que empuja la puerta de la bomba de infusión, un operador que se tropieza con la bomba, un operador que mueve el paciente y la bomba mientras realiza la infusión, etc.

[00103] Si la bomba 100 cae desde una altura o un impacto hace que la bomba realice un sifón o un bolo, se puede enviar al usuario una alarma separada de alta prioridad. Si el acelerómetro detecta movimientos/vibraciones mecánicas debido al movimiento de la puerta o la selección de una tecla (por ejemplo, al presionar la pantalla o las teclas físicas), se envía una señal de retroalimentación a la bomba para que no active la alarma o se reinicie automáticamente porque el evento fue causado exclusivamente por un suceso esporádico mecánicamente inducido. En consecuencia, después de un impacto/caída, se ejecuta un algoritmo de diagnóstico separado en los sensores para probar la funcionalidad de los sensores u otros componentes críticos. Por ejemplo, el algoritmo de diagnóstico puede garantizar que el impacto o la caída no inhabilitó ni perjudicó ninguna de las funciones del sensor para garantizar que la bomba pueda detectar y filtrar futuras vibraciones o eventos de caída. Cuando no hay impacto pero el algoritmo de oclusión detecta picos de presión irregulares repentinos, el acelerómetro puede confirmar que fue inducido exclusivamente de manera eléctrica. Si estos picos son repentinos e irregulares y no se encuentran dentro del rango de picos de oclusión esperado, se genera una alarma de falla del sensor inducida eléctricamente.

[00104] Con un acelerómetro lo suficientemente sensible como para detectar movimientos/vibraciones más pequeñas, se confirma un escenario de tracción o tirón del tubo, además de las características de la señal del sensor de fuerza.

[00105] Como se ilustra en la Figura 7, un sensor de fuerza de media móvil puede monitorizar las fuerzas aplicadas a las ubicaciones seleccionadas en la bomba (bloque 562). Si se detecta una perturbación o un pico repentino de presión/fuerza (bloque 564), el sistema puede verificar si el acelerómetro ha detectado una perturbación repentina o irregular inducida externamente (bloque 566). Si el acelerómetro ha detectado una perturbación irregular e inducida externamente, la bomba puede ignorar la perturbación del sensor de fuerza (bloque 568) y continuar con la monitorización (bloque 562). Sin embargo, si el acelerómetro no ha detectado un evento externo, la bomba puede generar una señal de alarma de falla para indicar una condición de alarma, como la presencia de una oclusión (bloque 570).

GUÍA DE CARGA DEL TUBO

[00106] Los sensores dentro de la bomba de infusión también pueden usarse para guiar la carga del tubo. La guía de carga del set IV o del tubo proporciona ventajosamente al personal clínico una confirmación visual de la carga adecuada del set IV o del tubo para garantizar la seguridad del paciente durante la preparación de la infusión. En una realización de ejemplo, la pantalla y las señales visuales se pueden colocar en la bomba para proporcionar una guía visual al usuario durante la carga del tubo IV. La bomba puede configurarse para detectar la presencia de un usuario cerca de la bomba. Por ejemplo, un sistema de infrarrojos de longitud de onda larga (LWIR, por sus siglas en inglés) puede detectar la presencia de un usuario cerca de la bomba. En otro ejemplo, se puede usar un sensor de luz ambiental para detectar la presencia de un usuario. Cuando un usuario se acerca a la bomba, la bomba detecta la presencia del usuario y, si no hay un tubo IV cargado, se proporciona una señal visual para indicar dónde insertar la abrazadera deslizante. Por ejemplo, un anillo iluminado u otra forma puede indicar dónde insertar la abrazadera deslizante. Los LED de puntos simples también pueden indicar dónde insertar la abrazadera deslizante.

[00107] Inicialmente, la bomba puede encenderse sin un tubo IV cargado. En esta etapa, un indicador de luz para la carga de la abrazadera deslizante puede estar parpadeando. La frecuencia de pulsaciones puede depender de si la bomba está funcionando sin batería o si está enchufada y utiliza un cable de alimentación. La pantalla se puede utilizar para ayudar al usuario con una guía visual adicional antes de la apertura de la puerta. Luego, el usuario puede insertar la abrazadera deslizante. Después de insertar la abrazadera deslizante, la luz de la abrazadera deslizante cambia de color mientras la puerta se abre y el indicador de luz alrededor del perímetro de la abrazadera deslizante ahora está en un estado "ENCENDIDO" indicando el siguiente paso para el usuario. A medida que el usuario carga el tubo IV a lo largo del canal del tubo IV, varios puntos críticos de carga pueden incluir otra guía audiovisual para completar la secuencia de carga del tubo IV.

[00108] Como se ilustra en la Figura 8A, se ilumina una forma rectangular 610a (por ejemplo, el área de abrazadera deslizante), por ejemplo en un color amarillo (por ejemplo, luz intermitente amarilla), para indicar dónde debe insertarse la abrazadera deslizante 615 (por ejemplo, la ranura 620 de la abrazadera deslizante). El color de la iluminación también puede indicar que la abrazadera deslizante 615 aún no se ha insertado (por ejemplo, después de la inserción, la iluminación amarilla puede cambiar a una iluminación verde). La pantalla 630 puede proporcionar guía adicional al usuario a través de instrucciones o avisos. Por ejemplo, como se ilustra en la figura 8A, la pantalla 630 puede dar un mensaje al usuario, como "Para cargar el set IV, inserte la abrazadera deslizante en la abertura".

[00109] Después de que el usuario carga con éxito la abrazadera deslizante 615, la forma iluminada 610 (por ejemplo, un rectángulo alrededor del área de la abrazadera deslizante) puede cambiar de un color amarillo (como se ilustra en 8A como forma rectangular 610a) a un color verde (como se ilustra en la figura 8B con forma rectangular 610b) para indicar que la abrazadera deslizante 615 ha sido cargada. Por ejemplo, el cambio de amarillo a verde puede servir como confirmación de que esta etapa en la secuencia de carga del tubo se ha completado correctamente. En este punto, el usuario puede abrir la puerta 640 y señales visuales adicionales tales como (por ejemplo, luces LED 650 y 660) colocadas detrás de la puerta, pueden guiar al usuario para cargar el tubo.

Una vez que se abre la puerta, la pantalla 630 ya no es visible para el usuario, y los LED 650, 660 de colores se utilizan para confirmar varios puntos de carga. En la figura 8B, hay dos puntos de carga diferentes 670a, 670b que se indican con los LED 650, 660. Además, los LED u otras señales visuales pueden indicar otros puntos de carga a lo largo del recorrido del tubo.

[00110] Los LED 650, 660 pueden mostrar originalmente un primer color (por ejemplo, rojo o naranja) si el tubo no ha sido cargado o ha sido cargado incorrectamente. Los LED 650, 660 pueden entonces mostrar un segundo color (por ejemplo, verde) una vez que el tubo se haya cargado correctamente. En otro ejemplo, los LED pueden pulsar o parpadear para indicar si un tubo ha sido cargado. Por ejemplo, un LED intermitente puede indicar que un tubo está cargado o descargado incorrectamente y un LED de color fijo puede indicar que el tubo está cargado correctamente en un punto de carga respectivo. Inicialmente, un indicador como el LED 650a puede parpadear en naranja para proporcionar una guía visual y avisar al usuario del siguiente paso de carga del tubo. Después de que el usuario carga el tubo en un punto de carga respectivo (por ejemplo, el punto de carga 670a), el indicador (por ejemplo, el LED 650a) asociado con ese punto de carga 670a puede cambiar de un color naranja intermitente a un color verde fijo o estable. Entonces, el siguiente indicador (por ejemplo, el LED 650b) asociado con el punto de carga 670b puede comenzar a pulsar para indicarle al usuario el siguiente paso de carga.

[00111] Los colores y las animaciones se pueden utilizar para indicar los estados de la bomba y las confirmaciones de carga del tubo o del set IV. Por ejemplo, las animaciones y las luces discontinuas o intermitentes pueden indicar los estados de carga de la bomba y del tubo IV. Debe apreciarse que se puede utilizar cualquier tipo de indicador visual o señal, y que los LED se proporcionan a modo de ejemplo.

[00112] La bomba también puede utilizar señales audibles o táctiles para informar o alertar al usuario durante la carga del tubo. Por ejemplo, la bomba puede utilizar una variedad de pitidos o vibraciones para indicar las varias etapas de carga del tubo.

[00113] Las figuras 9A, 9B y 9C ilustran indicadores visuales de ejemplo durante la carga del tubo. En la figura 9A, el área indicadora de la abrazadera deslizante (por ejemplo, forma rectangular 610b) se ilumina de color verde después de que la abrazadera deslizante 615 ha sido cargada exitosamente. A medida que el tubo se carga en cada punto

de carga sucesivo (por ejemplo, los puntos de carga 670a y 670b), los indicadores LED 650 y 660 cambian de rojo a verde, tal como se ilustra en las figuras 9B y 9C. Los indicadores LED también pueden cambiar de amarillo a verde o a cualquier otra combinación de colores. Como se muestra, los indicadores LED 650, 660 cambian del primer color al segundo color una vez se detecte y se confirme la carga del tubo. Se pueden utilizar otros indicadores visuales diferentes al color. Además, los indicadores 650, 660 pueden tener diferentes formas y geometrías (por, ejemplo, círculo, anillo, triángulo, cuadrado, etc.).

[00114] Como se ilustra en la Figura 9 B, el tubo está cargado adecuadamente en el punto de carga 670a, y el indicador LED 650 cambia de un primer color (ilustrado como 650a) a un segundo color (ilustrado como 650b) para proporcionar una señal visual al usuario de que el tubo ha sido cargado correctamente. Como se discutió anteriormente, se puede brindar otras señales al usuario como un bip audible. En este punto en la figura 9B, el tubo todavía no ha sido cargado en el punto de carga 670b, por lo que el indicador LED 660 todavía se encuentra en el primer color (ilustrado como 660a) para indicar que el tubo no ha sido cargado adecuadamente en ese punto de carga.

[00115] Como se ilustra en la Figura 9C, el tubo está cargado adecuadamente en el punto de carga 670b, y el indicador LED 660 cambia de un primer color (ilustrado como 660a) a un segundo color (ilustrado como 660b) para proporcionar una señal visual al usuario de que el tubo ha sido cargado adecuadamente en ese punto de carga respectivo. Después de que el tubo ha sido adecuadamente cargado y la puerta ha sido cerrada, la bomba puede estar lista para programar la infusión. Luego, el área indicadora de la abrazadera deslizante (por ejemplo, forma rectangular 610b) puede activarse en un color diferente para indicarle al usuario que expulse la abrazadera deslizante y comience la infusión.

[00116] Como se describe en este documento, la expulsión de la abrazadera deslizante puede ocurrir automáticamente después de la confirmación de varios sensores. Sin embargo, en realizaciones sin la expulsión automática, después de que el usuario cierra la puerta, una señal visual, como un área iluminada, puede indicar la ubicación del botón de expulsión de la abrazadera deslizante. En otro ejemplo, el botón puede ser una luz de fondo de modo que todo el botón de expulsión de la abrazadera deslizante se encienda

para el usuario. Además, la pantalla puede dar aviso al usuario con un mensaje tal como “Presione el botón para expulsar la abrazadera deslizante”. Después de terminar la infusión, una luz puede indicar nuevamente el área de la abrazadera deslizante para que la puerta pueda ser nuevamente abierta al insertar la abrazadera deslizante.

[00117] Además de la indicación de color para la guía de carga del tubo y de la abrazadera deslizante, los LED pueden ser ciclados para indicar varias etapas de la carga del tubo IV. Por ejemplo, si no se ha intentado hacer una carga, el LED puede parpadear lentamente. Si una carga se completa con éxito, los LED pueden estar permanentemente encendidos. También se pueden usar varios colores de LED para distinguir aún más las etapas de carga del tubo. El amarillo puede utilizarse en un pulso lento o cuando el LED "respira" lentamente para indicar que aún no se ha intentado hacer una carga. Se puede utilizar el color verde cuando la carga se completa con éxito, y los LED pueden ser de color rojo cuando parpadean para indicar que la carga no fue exitosa o que la IV se salió de un punto de carga.

[00118] La guía descrita en este documento mejora ventajosamente la seguridad del paciente al mejorar la guía de carga del tubo IV (por ejemplo, inserción) con la confirmación de cada paso de carga completado mediante guía visual y acústica. Por ejemplo, los LED tricolores o de colores discretos, guías de luz, difusores, guías de luz con difusores integrados, pantallas de visualización, altavoces y otros elementos acústicos (o una combinación de estos) pueden colocarse en la bomba y activarse en combinaciones específicas o secuencias para proporcionar guía al usuario mientras carga un tubo IV.

OTROS INDICADORES OPERACIONALES ADICIONALES//GUÍA DE LA BOMBA

[00119] Los LED (p. Ej., 610, 650, 66 de las figuras 8A a 9C o 910, 950a-c de la figura 10) también se pueden utilizar para indicar que la bomba se encuentra “ENCENDIDA” y también la dirección de flujo. En algunos ejemplos (por ejemplo, con LED multicolor como los LED de triple color) los LED se pueden utilizar para indicar algunos de los estados básicos de la bomba cuando la pantalla está apagada para reducir el consumo de energía tal y como se ilustra en la figura. 10. Como se ilustra en la figura 10, los LED del punto de carga (por ejemplo, 950a-c) se pueden integrar en el borde externo

de la bomba para mejorar la visibilidad. Adicionalmente, los LED 950 a-c se pueden utilizar para indicar estados de la bomba en un estado de nivel de consumo de energía bajo

[00120] Las señales visuales u otros indicadores tales como señales audibles y señales táctiles pueden funcionar en conjunto con la pantalla para brindar guía e información al usuario.

[00121] El funcionamiento de cada uno de los modos anteriores se puede cambiar dentro de la configuración de la bomba. Además, la pantalla puede depender de si la operación se realiza con el cable de alimentación o la batería. Por ejemplo, para conservar la batería, el LED (por ejemplo, 610, 650, 660 de las figuras 8A a 9C o 910, 950a-c de la figura 10) y se pueden utilizar otros indicadores luminosos. Sin embargo, cuando se opera a través de un cable de alimentación, tanto los indicadores LED/luminosos como la pantalla pueden utilizarse para proporcionar indicaciones visuales y avisos al usuario.

ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA DEL ESTANTE

[00122] La bomba de infusión descrita en este documento o una bomba de jeringa se puede utilizar con un estante configurado para alojar una o más bombas (por ejemplo, bombas de infusión o de jeringa). El estante puede brindar una administración dinámica de energía y calor para cada bomba que se aloja dentro del estante. La administración de energía y de calor puede basarse en la criticidad de la medicación que administra cada bomba respectiva. Por ejemplo, a una bomba alojada en el estante que administra un medicamento muy crítico se le puede asignar más energía para que la batería se cargue a un nivel que reduzca el riesgo para el paciente de una batería agotada después de que se haya quitado la CA.

[00123] El estante puede ayudar con la identificación de la bomba, la comunicación de bomba a bomba, la comunicación de bomba a estante y de estante a bomba, la carga de la batería de la bomba, etc. El estante también puede administrar la energía con base en la importancia de la medicación y también puede administrar el consumo del motor según las necesidades de medicación.

[00124] El estante puede proporcionar una pantalla común y conectividad externa a través de una conexión por cable o inalámbrica.

[00125] El estante puede implementar varios métodos o procedimientos para controlar el consumo de batería y la carga de las diferentes bombas de infusión o bombas de jeringa alojadas en el estante. El estante puede permitir que una fuente de alimentación de la bomba o un adaptador de corriente alterna consuma más corriente para una carga más rápida. Por ejemplo, el estante puede asignar energía del estante a cada bomba de modo que su batería se cargue a un nivel que reduzca el riesgo para un paciente de una batería agotada después de que se haya retirado la alimentación de CA. Si un paciente está recibiendo un medicamento crítico junto con una solución IV no crítica, se le puede dar prioridad de carga a la bomba que administra la terapia crítica de modo que se le permita cargar su batería más rápido que otras bombas alojadas en el estante. El estante también puede administrar la cantidad de energía que una bomba está utilizando para otras actividades diferentes a la carga de batería, por ejemplo, mover el motor. Si una bomba está usando más energía para mover su motor, entonces se puede permitir que esa bomba tenga una corriente de carga más alta, de modo que cuando se desenchufe, el tiempo de funcionamiento de la batería será similar para todas las bombas alojadas en el estante. El estante también puede priorizar y asignar carga rápida frente a carga lenta de una bomba a otra bomba basándose en criterios, como la necesidad de carga, la administración de medicamentos, etc.

[00126] El estante también puede detectar modos de falla, como exceder las restricciones térmicas en las fuentes de alimentación.

[00127] Las muchas características y ventajas de la presente divulgación son evidentes a partir de la descripción escrita y, por lo tanto, las reivindicaciones adjuntas buscan cubrir todas las características y ventajas de la descripción. Además, dado que a los expertos en la técnica se les ocurrirán fácilmente numerosas modificaciones y cambios, la presente descripción no se limita a la construcción y funcionamiento exactos como se ilustra y describe. Por lo tanto, las realizaciones descritas deben tomarse como ilustrativas y no restrictivas, y la divulgación no debe limitarse a los detalles proporcionados en este documento, sino que debe definirse mediante las siguientes reivindicaciones y su alcance completo de equivalentes, ya sean previsibles o imprevisibles ahora o en el futuro.