

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 897**

51 Int. Cl.:

E21B 43/26 (2006.01)

E21B 41/00 (2006.01)

E21B 43/12 (2006.01)

E21B 43/267 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.04.2012 PCT/IB2012/000832**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.10.2012 WO12137068**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.04.2012 E 12767292 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018 EP 2726705**

54 Título: **Sistema energizado eléctricamente, modular, móvil para uso en formaciones subterráneas de fracturación**

30 Prioridad:

07.04.2011 US 201161472861 P

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

05.12.2018

73 Titular/es:

**EVOLUTION WELL SERVICES, LLC (100.0%)
3 Hughes Landing, 1780 Hughes Landing Blvd.,
Suite 125
The Woodlands, Texas 77380, US**

72 Inventor/es:

**COLI, TODD y
SCHELSKE, ELDON**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 692 897 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema energizado eléctricamente, modular, móvil para uso en formaciones subterráneas de fracturación

1. Campo de la invención

5 Esta invención se relaciona en general con la estimulación hidráulica de formaciones subterráneas con hidrocarburos y más particularmente con la generación y el uso de energía eléctrica para suministrar fluido de fracturación a un recinto de pozo.

2. Descripción de la técnica relacionada

10 Durante el ciclo de vida de un recinto de pozo que produce hidrocarburos típicos se pueden suministrar diversos fluidos (junto con aditivos, agente apuntalante, geles, cemento, etc...) al recinto de pozo bajo presión y se inyectan en el recinto de pozo. Los sistemas de bombeo de superficie tienen que tener la capacidad de acomodar estos diversos fluidos. Dichos sistemas de bombeo normalmente se movilizan en patines o tractores con remolques y se energizan utilizando motores diesel.

15 Los avances tecnológicos han mejorado enormemente la capacidad de identificar y recuperar recursos de petróleo y gas no convencionales. Notablemente, la perforación horizontal y la fracturación en múltiples etapas han llevado al surgimiento de nuevas oportunidades para la producción de gas natural a partir de formaciones de esquistos. Por ejemplo, se han reportado más de veinte intervalos fracturados en un único recinto de pozo horizontal en una formación de gas natural compacta. Sin embargo, se requieren operaciones de fracturación significativas para recuperar estos recursos.

20 Actualmente, las oportunidades de recuperación de gas natural contempladas requieren una infraestructura operativa considerable que incluye grandes inversiones en equipos de fracturación y personal relacionado. Notablemente, las bombas de fluidos estándar requieren grandes cantidades de combustible diesel y programas de mantenimiento de equipos frecuentes. Normalmente, tal como se divulga en el documento US2007/277982 A1, cada bomba de fluido se aloja en una configuración de remolque y camión dedicados. Las operaciones de fracturación promedio requieren tanto como cincuenta bombas de fluido, el área del sitio, o "espacio ocupado" que se requiere para acomodar estas operaciones de fracturación es enorme. Como resultado, la infraestructura operativa requerida para soportar estas operaciones de fracturación es extensa. Sería deseable una mayor eficiencia operativa en la recuperación del gas natural. El documento US 2007/125544 A1 divulga un dispositivo de agrietamiento con una bomba central para proporcionar medio presurizado para diversos recintos de pozos y en virtud del documento US2008/264640 A1 se divulga un tratamiento de pozo que utiliza un sistema de bombeo sumergible eléctrico.

30 Cuando se planifican grandes operaciones de fracturación, una cuestión logística importante es la disponibilidad de combustible diesel. Los excesivos volúmenes de combustible diesel requeridos necesitan transporte constante de diesel en camiones cisterna hacia el sitio y resultan en emisiones de dióxido de carbono significativas. Otros han intentado reducir el consumo de combustible y las emisiones al hacer funcionar motores de grandes bombas con "Bi-combustible", mezclar gas natural y combustible diesel pero con éxito limitado. Adicionalmente, los intentos de reducir la cantidad de personal en el sitio al implementar monitorización remota y control operativo no han tenido éxito ya que todavía se requiere personal en el sitio para transportar el equipo y el combustible hacia y desde la ubicación.

Resumen

40 Diversas realizaciones ilustrativas de un sistema y método para estimulación hidráulica de formaciones subterráneas con hidrocarburos se proporcionan en el presente documento. De acuerdo con un aspecto de la materia objeto divulgada, se proporciona un método para suministrar fluido de fracturación a un recinto de pozo. El método puede comprender las etapas de: proporcionar una fuente dedicada de energía eléctrica a un sitio que contiene un recinto de pozo que se va a fracturar; proporcionar uno o más módulos de fracturación eléctrica en el sitio, cada módulo de fracturación eléctrica que comprende un motor eléctrico y una bomba de fluido acoplada, cada motor eléctrico asociado operativamente con la fuente dedicada de energía eléctrica; proporcionar un fluido de tratamiento de recinto de pozo para suministro presurizado a un recinto de pozo, en el que el fluido de tratamiento de recinto de pozo puede ser continuo con la bomba de fluido y con el recinto de pozo; y operar la unidad de fracturación utilizando energía eléctrica desde la fuente dedicada para bombear el fluido de tratamiento hasta el recinto de pozo.

50 En ciertas realizaciones ilustrativas, la fuente dedicada de energía eléctrica es un generador de turbina. Se puede proporcionar una fuente de gas natural, por lo cual el gas natural acciona el generador de turbina en la producción de energía eléctrica. Por ejemplo, se puede proporcionar gas natural en tubería, o gas natural producido en sitio. Los combustibles líquidos tales como condensado también se pueden proporcionar para accionar el generador de turbina.

55 En ciertas realizaciones ilustrativas, el motor eléctrico puede ser un motor de imán permanente de CA y/o a motor de velocidad variable. El motor eléctrico puede ser capaz de operación en el rango de hasta 1500 rpms y hasta 20.000 pies/libras de torque. La bomba puede ser una bomba de fluido de estilo émbolo triple o quintuple.

5 En ciertas realizaciones ilustrativas, el método puede comprender adicionalmente las etapas de: proporcionar un módulo mezclador eléctrico continuo y/o asociado operativamente con la bomba de fluido, el módulo de mezclador comprende: una fuente de fluido, una fuente aditiva de fluido, y una cubeta de mezclador centrífuga, y suministrar energía eléctrica desde la fuente dedicada hasta el módulo de mezclador para efectuar mezcla del fluido con aditivos de fluido para generar el fluido de tratamiento.

10 De acuerdo con otro aspecto de la materia objeto divulgada, se proporciona un sistema para uso en suministrar fluido presurizado a un recinto de pozo. El sistema puede comprender: un sitio de pozo que comprende un recinto de pozo y una fuente dedicada de electricidad; un módulo de fracturación energizado eléctricamente asociado operativamente con la fuente dedicada de electricidad, el módulo de fracturación energizado eléctricamente que comprende un motor eléctrico y una bomba de fluido acoplada al motor eléctrico; una fuente de fluido de tratamiento, en la que el fluido de tratamiento puede ser continuo con la bomba de fluido y con el recinto de pozo; y un sistema de control para regular el módulo de fracturación en el suministro de fluido de tratamiento desde la fuente de fluido de tratamiento hasta el recinto de pozo.

15 En ciertas realizaciones ilustrativas, la fuente de fluido de tratamiento puede comprender un módulo de mezclador energizado eléctricamente asociado operativamente con la fuente dedicada de electricidad. El sistema puede comprender adicionalmente un remolque de fracturación en el sitio de pozo para alojar uno o más módulos de fracturación. Cada módulo de fracturación se puede adaptar para montar de forma desmontable sobre el remolque. El sistema puede comprender adicionalmente un módulo de bombeo de repuesto que comprende una bomba y un motor eléctrico, el módulo de bombeo de repuesto adaptado para montar de forma desmontable sobre el remolque.

20 En ciertas realizaciones ilustrativas, el módulo de bombeo de repuesto puede ser un módulo de bombeo de nitrógeno, o un módulo de bombeo de dióxido de carbono. El módulo de bombeo de repuesto puede ser, por ejemplo, un torque alto, motor de baja velocidad o un torque bajo, motor de alta velocidad.

25 De acuerdo con otro aspecto de la materia objeto divulgada, se proporciona un módulo de fracturación para uso en suministrar fluido presurizado a un recinto de pozo. El módulo de fracturación puede comprender: un motor de imán permanente de CA capaz de operación en el rango de hasta 1 500 rpms y hasta 20.000 pies/libras de torque; y una bomba de fluido estilo émbolo acoplado al motor.

30 De acuerdo con otro aspecto de la materia objeto divulgada, se proporciona un método para mezclar un fluido de fracturación para suministro a un recinto de pozo que se va a fracturar. Se puede proporcionar una fuente dedicada de energía eléctrica a un sitio que contiene un recinto de pozo que se va a fracturar. Se puede proporcionar por lo menos un módulo mezclador eléctrico en el sitio. El módulo mezclador eléctrico puede incluir una fuente de fluido, una fuente aditiva de fluido, y una cubeta de mezclador. Se puede suministrar energía eléctrica desde la fuente dedicada hasta el módulo mezclador eléctrico para efectuar mezcla de un fluido desde la fuente de fluido con un aditivo de fluido desde la fuente aditiva de fluido para generar el fluido de fracturación. La fuente dedicada de energía eléctrica puede ser un generador de turbina. Se puede proporcionar una fuente de gas natural, en la que el gas natural se utiliza para accionar el generador de turbina en la producción de energía eléctrica. El fluido de la fuente de fluido se puede mezclar con el aditivo de fluido de la fuente aditiva de fluido en la cubeta de mezclador. El módulo mezclador eléctrico también puede incluir por lo menos un motor eléctrico que se asocia operativamente con la fuente dedicada de energía eléctrica y que efectúa la mezcla del fluido de la fuente de fluido con el aditivo de fluido de la fuente aditiva de fluido.

40 En ciertas realizaciones ilustrativas, el módulo mezclador eléctrico puede incluir un primer motor eléctrico y un segundo motor eléctrico, cada uno de los cuales se asocia operativamente con la fuente dedicada de energía eléctrica. El primer motor eléctrico puede efectuar el suministro del fluido desde la fuente de fluido hasta la cubeta de mezclador. El segundo motor eléctrico puede efectuar la mezcla del fluido de la fuente de fluido con el aditivo de fluido de la fuente aditiva de fluido en la cubeta de mezclador. En ciertas realizaciones ilustrativas, también puede estar presente un tercer motor eléctrico opcional, que también se puede asociar operativamente con la fuente dedicada de energía eléctrica, El tercer motor eléctrico puede efectuar el suministro del aditivo de fluido desde la fuente aditiva de fluido hasta la cubeta de mezclador.

50 En ciertas realizaciones ilustrativas, el módulo mezclador eléctrico puede incluir una primera unidad de mezclador y una segunda unidad de mezclador, cada uno dispuesto adyacente entre sí sobre el módulo de mezclador y cada uno capaz de operación independiente, o colectivamente capaz de operación cooperativa, según se desee. La primera unidad de mezclador y la segunda unidad de mezclador puede cada una incluir una fuente de fluido, una fuente aditiva de fluido, y una cubeta de mezclador. La primera unidad de mezclador y la segunda unidad de mezclador cada una pueden tener por lo menos un motor eléctrico que se asocia operativamente con la fuente dedicada de energía eléctrica y que efectúa la mezcla del fluido de la fuente de fluido con el aditivo de fluido desde la fuente aditiva de fluido. Alternativamente, la primera unidad de mezclador y la segunda unidad de mezclador puede cada una tener un primer motor eléctrico y un segundo motor eléctrico, ambos asociados operativamente con la fuente dedicada de energía eléctrica, en la que el primer motor eléctrico efectúa el suministro del fluido desde la fuente de fluido hasta la cubeta de mezclador y el segundo motor eléctrico efectúa la mezcla del fluido de la fuente de fluido con el aditivo de fluido de la fuente aditiva de fluido en la cubeta de mezclador. En ciertas realizaciones ilustrativas, la primera unidad de mezclador y la segunda unidad de mezclador cada una también puede tener un tercer motor

eléctrico asociado operativamente con la fuente dedicada de energía eléctrica, en la que el tercer motor eléctrico efectúa suministro del aditivo de fluido desde la fuente aditiva de fluido hasta la cubeta de mezclador.

De acuerdo con otro aspecto de la materia objeto divulgada, se proporciona un módulo mezclador eléctrico para uso en suministrar un fluido de fracturación mezclado a un recinto de pozo. El módulo mezclador eléctrico puede incluir una primera unidad de mezclador accionada eléctricamente y un primer múltiple de entrada acoplado a la primera unidad de mezclador accionada eléctricamente y capaz de suministrar un fluido de fracturación no mezclado a la misma. Un primer múltiple de salida se puede acoplar a la primera unidad de mezclador accionada eléctricamente y puede ser capaz de suministrar el fluido de fracturación mezclado lejos de esta. Se puede proporcionar una segunda unidad de mezclador accionada eléctricamente. Un segundo múltiple de entrada se puede acoplar a la segunda unidad de mezclador accionada eléctricamente y capaz de suministrar el fluido de fracturación no mezclado a esta. Un segundo múltiple de salida se puede acoplar a la segunda unidad de mezclador accionada eléctricamente y puede ser capaz de suministrar el fluido de fracturación mezclado lejos de esta. Una línea de cruce de entrada se puede acoplar a tanto el primer múltiple de entrada y el segundo múltiple de entrada y puede ser capaz de suministrar el fluido de fracturación no mezclado entre ellos. Una línea de cruce de salida se puede acoplar a tanto el primer múltiple de salida como el segundo múltiple de salida y puede ser capaz de suministrar el fluido de fracturación mezclado entre ellos. Se puede proporcionar un patín para alojar la primera unidad de mezclador accionada eléctricamente, el primer múltiple de entrada, la segunda unidad de mezclador accionada eléctricamente, y el segundo múltiple de entrada.

Otros aspectos y características de la presente invención serán evidentes para aquellos expertos en la técnica luego de analizar la siguiente descripción detallada en conjunto con las figuras acompañantes.

Breve descripción de los dibujos

Una mejor comprensión de la materia objeto divulgada actualmente se puede obtener cuando se considere la siguiente descripción detallada en conjunto con los siguientes dibujos en los que:

La Figura 1 es una vista de plano esquemática de un sitio de fracturación tradicional;

La Figura 2 es una vista de plano esquemática de un sitio de fracturación de acuerdo con ciertas realizaciones ilustrativas descritas en este documento;

La Figura 3 es una vista en perspectiva esquemática de un remolque de fracturación de acuerdo con ciertas realizaciones ilustrativas descritas en este documento;

La Figura 4A es una vista en perspectiva esquemática de un módulo de fracturación de acuerdo con ciertas realizaciones ilustrativas descritas en este documento;

La Figura 4B es una vista en perspectiva esquemática de un módulo de fracturación con personal de mantenimiento de acuerdo con ciertas realizaciones ilustrativas descritas en este documento;

La Figura 5A es una vista lateral esquemática de un módulo de mezclador de acuerdo con ciertas realizaciones ilustrativas descritas en este documento;

La Figura 5B es una vista de extremo del módulo de mezclador mostrado en la Figura 4A;

La Figura 5C es una vista superior esquemática de un módulo de mezclador de acuerdo con ciertas realizaciones ilustrativas descritas en este documento;

La Figura 5D es una vista lateral esquemática del módulo de mezclador mostrado en la Figura 5C;

La Figura 5E es una vista en perspectiva esquemática del módulo de mezclador mostrado en la Figura 5C;

La Figura 6 es una vista superior esquemática de un múltiple de entrada para un módulo de mezclador de acuerdo con ciertas realizaciones ilustrativas descritas en este documento; y

La Figura 7 es una vista superior esquemática de un múltiple de salida para un módulo de mezclador de acuerdo con ciertas realizaciones ilustrativas descritas en este documento.

Descripción detallada

La materia objeto actualmente divulgada se refiere en general a un sistema de fracturación energizado eléctricamente y un sistema y método para la provisión de energía eléctrica en el sitio y el suministro de fluido de fracturación a un recinto de pozo en una operación de fracturación.

En una operación de fracturación convencional, una "suspensión" de fluidos y aditivos se inyecta en una formación rocosa con hidrocarburos en un recinto de pozo para propagar la fracturación. Los fluidos de baja presión se mezclan con productos químicos, arena y si es necesario ácido y luego se transfieren a media presión y alta

velocidad a porciones verticales y/o desviadas del recinto de pozo por medio de múltiples bombas de tipo émbolo de alta presión accionadas por motores primarios energizados con diesel. La mayoría de los fluidos inyectados fluirán nuevamente a través del recinto de pozo y serán recuperados mientras que la arena se mantendrá en la fractura recién creada, de esta manera se "apuntala" para abrirlo y se proporciona una membrana permeable para los fluidos de hidrocarburos y gases para que fluyan a través de modo que se puedan recuperar.

De acuerdo con las realizaciones ilustrativas descritas en el presente documento, el gas natural (ya sea que se suministra al sitio o se produzca en el sitio) se puede utilizar para accionar una fuente dedicada de energía eléctrica, tal como un generador de turbina, para las terminaciones de recintos de pozos que producen hidrocarburos. Se proporciona una flota dimensionable de fracturación energizada eléctricamente para suministrar fluido de tratamiento presurizado, tal como fluido de fracturación, a un recinto de pozo en una operación de fracturación en la que no se necesita un suministro constante de combustible diesel al sitio y se reduce el espacio ocupado de sitio y la infraestructura requerida para la operación de fracturación cuando se compara con las operaciones convencionales. En ciertas realizaciones ilustrativas, el fluido de tratamiento proporcionado para un suministro presurizado al recinto de pozo puede ser continuo con el recinto de pozo y con uno o más componentes de la flota de fracturación. En estas realizaciones, generalmente continuo significa que la hidrodinámica de fondo de pozo depende del flujo constante (velocidad y presión) de los fluidos suministrados y que no tiene que haber interrupción alguna en el flujo de fluido durante el suministro al recinto de pozo si se desea que la fractura se propague. Sin embargo, esto no se debe interpretar que significa que las operaciones de la flota de fracturación no se pueden generalmente detener e iniciar, como lo comprenderá un experto en la técnica.

Con referencia a la Figura 1, se muestra un plan de sitio para una operación de fracturación tradicional en un sitio en tierra firme. Se proporcionan múltiples remolques 5, cada uno tiene por lo menos un tanque de diesel instalado o dispuesto de otro modo en el mismo. Cada remolque 5 se conecta a un camión 6 para permitir el reabastecimiento de los tanques de diesel según se requiera. Los camiones 6 y remolques 5 se localizan dentro de la región A en el sitio de fracturación. Cada camión 6 requiere un operador dedicado. Una o más motores primarios son abastecidos con diesel y se utilizan para energizar la operación de fracturación. Se proporcionan uno o más patines 7 de manipulación de productos químicos separados para el alojamiento de tanques de mezcla y equipos relacionados.

Con referencia a la Figura 2, se muestra una realización ilustrativa de un plan de sitio para una operación de fracturación energizada eléctricamente en un sitio en tierra firme. La operación de fracturación incluye uno o más remolques 10, cada uno aloja uno o más módulos 20 de fracturación (véase Figura 3). Los remolques 10 se localizan en la región B en el sitio de fracturación. Uno o más generadores 30 de turbinas energizados con gas natural se localizan en la región C en el sitio que se localiza a una distancia remota D de la región B en la que los remolques 10 y los módulos 20 de fracturación se localizan por razones de seguridad. Los generadores 30 de turbina reemplazan los motores primarios de diesel utilizadas en el plan de sitio de la Figura 1. Los generadores 30 de turbina proporcionan una fuente dedicada de energía eléctrica en el sitio. Preferiblemente existe una separación física entre la generación de energía a base de gas natural en la región C y la operación de fracturación y recinto de pozo localizados en la región B. La generación de energía a base de gas natural puede requerir mayores precauciones de seguridad que la operación de fracturación y el cabezal de pozo. De acuerdo con lo anterior, se pueden tomar medidas de seguridad en la región C para limitar el acceso a esta localización más peligrosa mientras que se mantienen estándares de seguridad separados en la región B en la que normalmente se encuentra la mayoría del personal del sitio. Adicionalmente, el suministro energizado con gas natural se puede monitorizar y regular de forma remota de modo tal que si se desea no se requiere que el personal se encuentre dentro de la región C durante la operación.

Notablemente, la configuración de la Figura 2 requiere una infraestructura significativamente menor que la configuración que se muestra en la Figura 1 y al mismo tiempo proporciona una capacidad de bombeo comparable. Menos remolques 10 están presentes en la región B de la Figura 2 que los camiones 6 y remolques 5 en la región A de la Figura 1 como consecuencia de la falta de necesidad de un suministro constante de combustible diesel. Adicionalmente, cada remolque 10 en la Figura 2 no necesita un camión 6 y un operador dedicado como en la Figura 1. Menos patines 7 de manipulación de productos químicos se requieren en la región B de la Figura 2 que en la región A de la Figura 1 porque los patines 7 en la Figura 2 pueden ser energizados eléctricamente. También, al eliminar los motores primarios de diesel, se puede eliminar toda la maquinaria asociada necesaria para la transferencia de energía, tal como transmisión, convertidor de torque, embrague, árbol de transmisión, sistema hidráulico, etc. y se reduce significativamente la necesidad de sistemas de enfriamiento que incluyen bombas y fluidos de circulación. En una realización ilustrativa, el espacio físico ocupado del área en el sitio en la región B de la Figura 2 es aproximadamente 80% menor que el espacio ocupado por el sistema convencional en la región A de la Figura 1.

Con referencia a las realizaciones ilustrativas de la Figura 3, se muestra el remolque 10 para alojar uno o más módulos 20 de fracturación. El remolque 10 también puede ser un patín en ciertas realizaciones ilustrativas. Cada módulo 20 de fracturación puede incluir un motor 21 eléctrico y una bomba 22 de fluido acoplada al mismo. Durante la fracturación, el módulo 20 de fracturación se asocia operativamente con un generador 30 de turbina para recibir energía eléctrica del mismo. En ciertas realizaciones ilustrativas, una pluralidad de motores 21 eléctricos y bombas 22 pueden ser transportados en un único remolque 10. En las realizaciones ilustrativas de la Figura 3, cuatro motores 21 eléctricos y bombas 22 son transportados en un único remolque 10. Cada motor 21 eléctrico está

emparejado con una bomba 22 como un único módulo 20 de fracturación. Cada módulo 20 de fracturación se puede instalar de modo separable en el remolque 10 para facilitar el reemplazo según sea necesario. Los módulos 20 de fracturación utilizan energía eléctrica del generador 30 de turbina para bombear el fluido de fracturación directamente al recinto de pozo.

5 Generación de energía eléctrica

El uso de una turbina para accionar directamente una bomba ha sido investigado previamente. En dichos sistemas, se utiliza una transmisión para regular la potencia de la turbina a la bomba de modo de permitir el control de la velocidad y del torque. En la presente operación, se utiliza en su lugar gas natural para accionar una fuente de energía dedicada para la producción de electricidad. En realizaciones ilustrativas, la fuente de energía dedicada es un generador de turbina en el sitio. Se elimina la necesidad de una transmisión y la electricidad generada se puede utilizar para energizar los módulos de fracturación, los mezcladores y otras operaciones en el sitio según sea necesario.

En el sitio puede estar accesible la energía eléctrica de la red eléctrica en ciertas operaciones de fracturación, pero se prefiere el uso de una fuente de energía dedicada. Durante el inicio de una operación de fracturación, se requieren enormes cantidades de energía de modo tal que el uso de la energía eléctrica de la red eléctrica no sería práctico. Los generadores energizados a gas natural son más apropiados para esta aplicación con base en la posible disponibilidad de gas natural en el sitio y la capacidad de los generadores de gas natural para producir grandes cantidades de energía. Notablemente, la posibilidad de ajustes instantáneos muy grandes de la energía extraída de la red eléctrica durante una operación de fracturación puede poner en peligro la estabilidad y confiabilidad del sistema de red de energía eléctrica. De acuerdo con lo anterior, una fuente de electricidad dedicada y generada en el sitio proporciona una solución más factible para abastecer un sistema eléctrico de fracturación. Adicionalmente, una operación en el sitio dedicada se puede utilizar para proporcionar energía para la operación de otros equipos locales, que incluyen sistemas de tubería enrollada, plataformas de servicio, etc.

En una realización ilustrativa, un único generador 30 de turbina energizado con gas natural que se aloja en un área restringida C de la Figura 2 puede generar suficiente energía (por ejemplo 31 MW a 13.800 voltios de energía CA) para abastecer varios motores 21 eléctricos y bombas 22 y evitar la necesidad actual de suministrar y operar cada bomba de fluido desde un camión separado energizado con diesel. Una turbina apropiada para este propósito es un generador de turbina TM2500+ vendido por General Electric. Otros paquetes de generación pueden ser suministrados, por ejemplo, por Pratt & Whitney o Kawasaki. Están disponibles muchas opciones para la generación de energía con turbinas que dependen de la cantidad de electricidad requerida. En una realización ilustrativa, combustibles líquidos tales como condensados también se pueden proporcionar para accionar un generador 30 de turbina en lugar o además de gas natural. El condensado es más barato que el combustible diesel y reduciendo de esta manera los costes operativos.

Módulo de fracturación

Con referencia a las Figuras 4A y 4B, se proporciona una realización ilustrativa del módulo 20 de fracturación. En ciertas realizaciones ilustrativas, el módulo 20 de fracturación puede incluir un motor 21 eléctrico acoplado a una o más bombas 22 eléctricas. Una bomba apropiada es una bomba de tipo émbolo quintuple o triple, por ejemplo, la Well Service Pump SWGS-2500 vendida por Gardner Denver, Inc.

En ciertas realizaciones el motor 21 eléctrico se asocia operativamente con el generador 30 de turbina. Normalmente, cada módulo 20 de fracturación estará asociado con un alojamiento de accionamiento para controlar el motor 21 eléctrico y las bombas 22 y así como también un transformador eléctrico y unidad 50 de accionamiento (véase Figura 3) para reducir el voltaje de la potencia del generador 30 de turbina a un voltaje apropiado para el motor 21 eléctrico. En varias realizaciones, el transformador eléctrico y la unidad 50 de accionamiento se pueden proporcionar como una unidad independiente para asociarse con el módulo 20 de fracturación o se pueden fijar de manera permanente en el remolque 10. Si están permanentemente fijos, entonces el transformador y unidad 50 de accionamiento se pueden dimensionar para permitir la adición o sustracción de bombas 22 u otros componentes para acomodarse a los requisitos operativos.

Cada bomba 22 y motor 21 eléctrico son de tipo modular en naturaleza con el fin de simplificar el retiro y reemplazo del módulo 20 de fracturación con propósitos de mantenimiento. El retiro de un único módulo 20 de fracturación del remolque 10 también se simplifica. Por ejemplo, cualquier módulo 20 de fracturación se puede desconectar y separar del remolque 10 y retirar y otro módulo 20 de fracturación se puede instalar en su lugar en cuestión de minutos.

En la realización ilustrativa de la Figura 3, el remolque 10 puede alojar cuatro módulos 20 de fracturación junto con un transformador y una unidad 50 de accionamiento. En esta configuración particular, cada uno de los remolques 10 proporciona más capacidad de bombeo que cuatro de los remolques 5 de fracturación energizados con diesel tradicionales de la Figura 1 porque las pérdidas parásitas son mínimas en el sistema de fracturación eléctrico en comparación con las pérdidas parásitas típicas de los sistemas energizados con diesel. Por ejemplo, una bomba de fluido energizada con diesel convencional tiene 2250 hp nominales. Sin embargo, como consecuencia de las

pérdidas parásitas en la transmisión, el convertidor de torque y los sistemas de enfriamiento, los sistemas energizados con diesel normalmente solo proporcionan 1800 hp a las bombas. En contraste, el sistema actual puede suministrar 2500 hp reales directamente a cada bomba 22 porque la bomba 22 se acopla directamente al motor 21 eléctrico. Adicionalmente, el peso nominal de una bomba de fluido convencional es de hasta 120.000 libras. En la operación actual, cada módulo 20 de fracturación pesa aproximadamente 28.000 libras y permitiendo de esta manera la colocación de cuatro bombas 22 en la misma dimensión física (tamaño y peso) que el espacio necesario para una sola bomba en los sistemas de diesel convencionales, así como también permite hasta 10.000 hp totales para las bombas. En otras realizaciones, más o menos módulos 20 de fracturación pueden estar localizados en el remolque 10, según se desee o requiera con propósitos operativos.

En ciertas realizaciones ilustrativas, el módulo 20 de fracturación puede incluir un motor 21 eléctrico que es un motor de imán permanente de CA con capacidad de operación en el rango de hasta 1500 rpm y hasta 20.000 pies/libras de torque. El módulo 20 de fracturación también puede incluir una bomba 22 que es una bomba de fluido de tipo émbolo acoplada a un motor 21 eléctrico. En ciertas realizaciones ilustrativas, el módulo 20 de fracturación puede tener dimensiones de aproximadamente 136" de ancho x 108" de largo x 100" de altura. Estas dimensiones permiten que el módulo 20 de fracturación sea fácilmente portátil y se ajuste con un contenedor intermodal ISO para propósitos de transporte sin necesidad de desmontarlo. Las longitudes del contenedor según la norma ISO de tamaño estándar son normalmente 20', 40' o 53'. En ciertas realizaciones ilustrativas, el módulo 20 de fracturación puede tener dimensiones no mayores que 136" de ancho x 108" de largo x 100" de altura. Estas dimensiones del módulo 20 de fracturación también permiten que miembros de la cuadrilla entren fácilmente dentro de los límites del módulo 20 de fracturación para realizar reparaciones, tal como se ilustra en la Figura 4b. En ciertas realizaciones ilustrativas, el módulo 20 de fracturación puede tener un ancho no mayor que 102" para estar dentro de las configuraciones de transporte y restricciones de rutas. En una realización específica, el módulo 20 de fracturación tiene la capacidad de operar 2500 hp mientras que todavía tiene las dimensiones anteriormente especificadas y cumple las especificaciones anteriormente mencionadas para rpm y pies/libras de torque.

Motor eléctrico

Con referencia a las realizaciones ilustrativas de las Figuras 2 y 3, un motor 21 eléctrico de imán permanente de CA de voltaje bajo medio recibe energía eléctrica del generador 30 de turbina y se acopla directamente a la bomba 22. En ciertas realizaciones ilustrativas, con el fin de asegurar la adecuabilidad de uso en la fracturación, el motor 21 eléctrico tiene que tener capacidad de operación de hasta 1500 rpm con un torque de hasta 20.000 pies/libras. Un motor apropiado para este propósito se vende bajo la marca comercial TeraTorq® que está disponible de Comprehensive Power, Inc. de Marlborough, Massachusetts. Un motor compacto con torque suficiente permitirá que se maximice la cantidad de módulos 20 de fracturación colocados en cada remolque 10.

Mezclador

Para mayor eficiencia, los mezcladores convencionales energizados con diesel y las unidades de adición de productos químicos se pueden reemplazar con unidades de mezclador energizadas eléctricamente. En ciertas realizaciones ilustrativas, como se describe en el presente documento, las unidades de mezclado energizadas eléctricamente pueden ser de naturaleza modular y son alojadas en el remolque 10 en lugar del módulo 20 de fracturación o son alojadas de forma independiente y están asociadas con cada remolque 10. Una operación de mezcla eléctrica permite mayor precisión y control de los aditivos de fluido de fracturación. Adicionalmente, las cubetas de mezclador centrífugas normalmente utilizadas en remolques de mezcla para mezclar fluidos con agente apuntalante, arena, productos químicos, ácido, etc. antes de suministrarlos al recinto de pozo son una fuente común de costes de mantenimiento en las operaciones de fracturación tradicionales.

Con referencia a las figuras 5A-5E y las Figuras 6-7, se proporcionan realizaciones ilustrativas de un módulo 40 de mezclador y sus componentes. El módulo 40 de mezclador puede estar asociado operativamente con el generador 30 de turbina y tiene la capacidad de proporcionar fluido de fracturación a la bomba 22 para suministrarlo al recinto de pozo. En ciertas realizaciones, el módulo 40 de mezclador puede incluir por lo menos una fuente 44 de aditivo de fluido, por lo menos una fuente 48 de fluido y por lo menos una cubeta 46 de mezclador centrífuga. La energía eléctrica puede suministrarse desde el generador 30 de turbina al módulo 40 de mezclador para efectuar la mezcla de un fluido de la fuente 48 de fluido con un aditivo de fluido de la fuente 44 de aditivo de fluido para generar el fluido de fracturación. En ciertas realizaciones, el fluido de la fuente 48 de fluido puede ser, por ejemplo, agua, aceites o mezclas de metanol y el aditivo de fluido de la fuente 44 de aditivo de fluido puede ser, por ejemplo, reductor de fricción, gelificante, rompedor de gelificante o biocidas.

En ciertas realizaciones ilustrativas, el módulo 40 de mezclador puede tener una configuración dual con una primera unidad 47a de mezclador y una segunda unidad 47b de mezclador que están adyacentes entre sí. Esta configuración dual se diseña para proporcionar redundancia y facilitar el acceso para mantenimiento y reemplazo de componentes según sea necesario. En ciertas realizaciones, cada unidad 47a y 47b de mezclador puede tener sus propios motores de cubeta y de succión energizados eléctricamente dispuestos en la misma y opcionalmente se pueden utilizar otros motores energizados eléctricamente para funciones operativas adicionales de productos químicos y/o otras funciones operativas auxiliares, como se describe con más detalle en el presente documento.

Por ejemplo, en ciertas realizaciones ilustrativas, la primera unidad 47a de mezclador puede tener una pluralidad de motores eléctricos que incluye un primer motor 43a eléctrico y un segundo motor 41a eléctrico que se utilizan para accionar varios componentes del módulo 40 de mezclador. Los motores 41a y 43a eléctricos pueden ser energizados por el generador 30 de turbina. El fluido puede ser bombeado hacia el módulo 40 de mezclador a través de un múltiple 48a de entrada por el primer motor 43a eléctrico y se agrega a la cubeta 46a. Por lo tanto, el primer motor 43a eléctrico actúa como un motor de succión. El segundo motor 41a eléctrico puede accionar el proceso de mezcla centrífuga en la cubeta 46a. El segundo motor 41a eléctrico también puede accionar el suministro de fluido mezclado fuera del módulo 40 de mezclador y hacia el recinto de pozo a través de un múltiple 49a de salida. Por lo tanto, el segundo motor 41a eléctrico actúa como un motor de cubeta y un motor de descarga. En ciertas realizaciones ilustrativas, también se puede proporcionar un tercer motor 42a eléctrico. El tercer motor 42a eléctrico también puede ser energizado por el generador 30 de turbina y puede suministrar aditivos de fluido al mezclador 46a. Por ejemplo, un agente apuntalante desde una tolva 44a puede ser suministrado hasta una cubeta 46a de mezclador, por ejemplo, una cubeta de mezclador centrífuga por una barrena 45a que es energizada por el tercer motor 42a eléctrico.

De modo similar, en ciertas realizaciones ilustrativas, la segunda unidad 47b de mezclador puede tener una pluralidad de motores eléctricos que incluyen un primer motor 43b eléctrico y un segundo motor 41b eléctrico que se utilizan para accionar varios componentes del módulo 40 de mezclador. Los motores 41b y 43b eléctricos pueden ser energizados por el generador 30 de turbina. El fluido puede ser bombeado hacia el módulo 40 de mezclador a través de un múltiple 48b de entrada por el primer motor 43b eléctrico y se agrega a la cubeta 46b. Por lo tanto, el segundo motor 43a eléctrico actúa como un motor de succión. El segundo motor 41b eléctrico puede accionar el proceso de mezcla centrífuga en la cubeta 46b. El segundo motor 41b eléctrico también puede accionar el suministro de fluido mezclado fuera del módulo 40 de mezclador y hacia el recinto de pozo a través de un múltiple 49b de salida. Por lo tanto, el segundo motor 41b eléctrico actúa como un motor de cubeta y un motor de descarga. En ciertas realizaciones ilustrativas, también se puede proporcionar un tercer motor 42b eléctrico. El tercer motor 42b eléctrico también puede ser energizado por el generador 30 de turbina y puede suministrar aditivos de fluido al mezclador 46b. Por ejemplo, un agente apuntalante de una tolva 44b puede ser suministrado a una cubeta 46b de mezclador, por ejemplo, una cubeta de mezclador centrífuga por una barrena 45b que es energizada por el tercer motor 42b eléctrico.

El módulo 40 de mezclador también puede incluir una cabina 53 de control para alojar los controles de equipamiento de la primera unidad 47a de mezclador y la segunda unidad 47b de mezclador y puede incluir adicionalmente, según se requiera, accionadores y enfriadores apropiados.

Los mezcladores convencionales energizados por un sistema hidráulico de diesel están normalmente alojados en un remolque de tractor de cuarenta y cinco pies y tienen capacidad para aproximadamente 100 barriles/minuto. En contraste, la configuración dual de módulo 40 de mezclador que tiene una primera unidad 47a de mezclador y una segunda unidad 47b de mezclador puede proporcionar una capacidad de producción total de 240 barriles/minuto en el mismo espacio ocupado físico que un mezclador convencional, sin la necesidad de una unidad de emergencia separada en caso de falla.

En el pasado se han intentado mezcladores de sistemas redundantes con éxito limitado, principalmente como consecuencia de los problemas con los contrapesos de los remolques sin dejar de suministrar la cantidad de energía apropiada. Normalmente, dos motores separados cada uno de aproximadamente 650 hp, se instalan lado a lado en la nariz del remolque. Con el fin de accionar todos los sistemas necesarios, cada motor debe accionar una cubeta de mezclador por medio de una transmisión, caja de caída y árbol de transmisión extendido. También se coloca un gran sistema hidráulico para cada motor para accionar todos los sistemas auxiliares, tales como aditivos químicos y bombas de succión. Las pérdidas parásitas de energía son muy grandes y el sistema de manguera y cableado es complejo.

En contraste, el módulo 40 de mezclador energizado eléctricamente descrito en ciertas realizaciones ilustrativas en el presente documento puede disminuir las pérdidas de potencia parásitas de los sistemas convencionales por el accionamiento directo de cada pieza de equipo crítico con un motor eléctrico dedicado. Adicionalmente, el módulo 40 de mezclador energizado eléctricamente descrito en ciertas realizaciones ilustrativas en el presente documento permite rutas de tubería que no están disponibles en las aplicaciones convencionales. Por ejemplo, en ciertas realizaciones ilustrativas, la fuente de fluido puede ser un múltiple 48 de entrada que puede tener una o más líneas 50 de cruce de entrada (véase Figura 7) que conectan la sección de múltiple 48 de entrada dedicado para suministrar fluido a la primera unidad 47a de mezclador con la sección del múltiple 48 de entrada dedicado para suministrar fluido a la segunda unidad 47b de mezclador. De modo similar, en ciertas realizaciones ilustrativas, el múltiple 49 de salida puede tener una o más líneas 51 de cruce de salida (véase Figura 6) que conectan la sección de múltiple 49 de salida dedicado para suministrar fluido desde la primera unidad 47a de mezclador con la sección de múltiple 49 de salida dedicado para suministrar fluido desde la segunda unidad 47b de mezclador. Las líneas 50 y 51 de cruce permiten que se enrute o desvíe el flujo entre la primera unidad 47a de mezclador y la segunda unidad 47b de mezclador. Por lo tanto, el módulo 40 de mezclador se puede mezclar desde cualquier lado o desde ambos lados y/o descargar en cualquiera de los lados o en ambos lados, si es necesario. Como resultado, las velocidades alcanzables por el módulo 40 de mezclador energizado eléctricamente son mucho más grandes que las de un mezclador convencional. En ciertas realizaciones ilustrativas, cada lado (es decir, primera unidad 47a de mezclador

y segunda unidad 47b de mezclador) del módulo 40 de mezclador tiene una capacidad de aproximadamente 120 barriles/minuto. También, cada lado (es decir, primera unidad 47a de mezclador y segunda unidad 47b de mezclador) puede desplazar aproximadamente 15 t/min de arena, por lo menos en parte porque la longitud de la barrena 45 es más corta (aproximadamente 6') si se compara con las unidades convencionales (aproximadamente 12').

En ciertas realizaciones ilustrativas, el módulo 40 de mezclador se puede acortar o "reducir" a un único módulo compacto comparable en tamaño y dimensiones al módulo 20 de fracturación descrito en el presente documento. Para trabajos de fracturación o tratamiento más pequeños que requieren menos que cuatro módulos 20 de fracturación, un módulo 40 de mezclador reducido puede reemplazar uno de los módulos 20 de fracturación en el remolque 10, reduciendo de esta manera los costes operativos y mejorando la facilidad de transporte del sistema.

Sistema de control

Se puede proporcionar un sistema de control para regular diversos equipos y sistemas dentro de la operación de fracturación energizada eléctricamente. Por ejemplo, en ciertas realizaciones ilustrativas, el sistema de control puede regular el módulo 20 de fracturación en el suministro del fluido de tratamiento desde el módulo 30 de mezclador hasta las bombas 22 para suministrarlo al recinto de pozo. Los controles para la operación energizada eléctricamente que se describen en el presente documento son una mejora significativa sobre aquellas de los sistemas de motor de diesel convencionales. Debido a que los motores eléctricos son controlados por accionamientos de frecuencia variables, el control absoluto de todos los equipos sobre el sitio se puede mantener desde un punto central. Cuando el operador del sistema establece una presión máxima para el tratamiento, el software de control y los accionamientos de frecuencia variables calculan una corriente máxima disponible para los motores. Los accionamientos de frecuencia variables esencialmente "informan" a los motores lo que les está permitido.

Los motores eléctricos controlados por medio de accionamientos de frecuencia variables son mucho más seguros y más fáciles de controlar que los equipos convencionales de motor de diesel. Por ejemplo, flotas convencionales con bombas energizadas con diesel utilizan transmisión y motor controlados electrónicamente en la unidad. Puede haber hasta catorce parámetros diferentes que necesitan ser monitorizados y controlados para una operación apropiada. Estas señales normalmente se suelen enviar a través de cables permanentemente conectados a una consola de operador controlada por el accionador de bomba. Las señales se convierten de digitales a analógicas de modo que las entradas se pueden hacer a través de conmutadores y mandos de control. Las entradas se convierten entonces de analógicas nuevamente a digitales y se envían de nuevo a la unidad. El módulo de control de la unidad informa entonces al motor o transmisión que realice la tarea requerida y la señal se convierte en una operación mecánica. Este proceso toma tiempo.

Las sobrepresiones accidentales son bastante comunes en estas operaciones convencionales porque la señal debe viajar a la consola, nuevamente a la unidad y luego realizar una función mecánica. Las sobrepresiones pueden ocurrir en milisegundos como consecuencia de la naturaleza de las operaciones. Estas en general se deben a errores humanos y puede ser tan simple como que un único operador falla en reaccionar a un comando. También con frecuencia se deben a una válvula que se cierra, que accidentalmente crea una situación de "punto muerto".

Por ejemplo, en enero de 2011, una operación de fracturación de gran escala se llevó a cabo en la cuenca del Río Horn en el noreste de la Columbia Británica, Canadá. Se produjo una fuga en una de las líneas y se dio una orden de cierre. La válvula principal en el cabezal de pozo se cerró entonces de forma remota. Desafortunadamente, múltiples bombas siguieron funcionando y sobrevino un sistema de sobrepresión. El tratamiento con hierro clasificado para 10.000 psi fue llevado a más de 15.000 psi. Una línea conectada con el pozo también se separó y comenzó a golpear a su alrededor. El incidente provocó una parada de toda la operación durante más de una semana mientras se realizaba una investigación y se evaluaban los daños.

El sistema de control provisto, de acuerdo con las realizaciones ilustrativas presentes, al ser accionado eléctricamente elimina virtualmente la posibilidad de que ocurran estos tipos de escenarios. Un valor máximo de presión fijado al comienzo de la operación es la cantidad máxima de energía que se puede enviar al motor 21 eléctrico para la bomba 22. Al extrapolar un valor de corriente máxima de esta entrada, el motor 21 eléctrico no tiene la energía disponible para superar su presión de operación. También, dado que virtualmente no existen sistemas mecánicos entre la bomba 22 y el motor 21 eléctrico, hay que lidiar con un "momento de inercia" más pequeño de los engranajes y embragues. Una detención casi instantánea del motor 21 eléctrico resulta en una detención casi instantánea de la bomba 22.

Un sistema energizado eléctricamente y controlado como se describe en el presente documento aumenta en gran medida la facilidad con la que se puede sincronizar o subordinar todo el equipo entre sí. Esto significa que un cambio en un único punto lo llevarán a cabo todas las piezas del equipo, a diferencia de los equipos de diesel. Por ejemplo, en las operaciones energizadas con diesel convencionales, el mezclador normalmente suministra todos los fluidos necesarios para todo el sistema. Con el fin de realizar un cambio de velocidad de la operación, el mezclador debe cambiar la velocidad antes que las bombas cambien sus velocidades. Esto con frecuencia puede resultar en un

sobreflujo accidental de las cubetas de mezclador y/o la cavitación de las bombas debido al desfase temporal de cada pieza del equipo a las que se les dan comandos manuales.

5 En contraste, en ciertas realizaciones ilustrativas, la presente operación utiliza un control de punto único que no se vincula únicamente con las operaciones de mezclado. Todos los parámetros de operación pueden ser ingresados antes de comenzar la fracturación. Si se requiere un cambio de velocidad, el sistema aumentará la velocidad de todo el sistema con un único comando. Esto significa que, si se informa a las bombas 22 que aumenten la velocidad, entonces el módulo 40 de mezclador junto con las unidades de productos químicos e incluso los equipos auxiliares, como las correas abrasivas, aumentarán las velocidades para compensar de forma automática.

10 Se pueden realizar controles apropiados y monitoreo computacional de toda la operación de fracturación en una única localización central, que facilita la adherencia a los parámetros de seguridad preestablecidos. Por ejemplo, un centro 40 de control se indica en la Figura 2 desde el cual se pueden administrar las operaciones por medio del enlace 41 de comunicaciones. Ejemplos de operaciones que pueden ser controladas y monitorizadas remotamente desde el centro 40 de control por medio del enlace 41 de comunicaciones pueden ser la función de generar energía en el Área B o el suministro de fluido de tratamiento desde el módulo 40 de mezclador hasta las bombas 22 para suministrarlo al recinto de pozo.

Ejemplo comparación

La Tabla 1 que se muestra a continuación compara y contrasta los costes operativos y los requerimientos de mano de obra para una operación energizada con diesel convencional (tal como se muestra en la Figura 1) con aquellos de la operación energizada eléctricamente (tal como se muestra en la Figura 2).

20 Tabla 1

| Comparación de operación con operación energizada con diesel convencional vs. operación con energización eléctrica | |
|--|--|
| Operación energizada con diesel | Operación energizada eléctrica |
| Coste total de combustible (diesel): alrededor de \$80.000 por día | Coste total de combustible (gas natural): alrededor de \$2.300 por día |
| Intervalo de servicio para motores diesel - aproximadamente cada 200-300 horas | Intervalo de servicio para motor eléctrico - aproximadamente cada 50.000 horas |
| Tamaño de personal dedicado: alrededor de 40 personas | Tamaño de personal dedicado: alrededor de 10 personas |

25 En la Tabla 1, la "operación de motor de diesel" utiliza por lo menos 24 bombas y 2 mezcladores y requiere por lo menos 54.000 hp para ejecutar el programa de fracturación en ese sitio. Cada bomba quema aproximadamente 300-400 litros por hora de funcionamiento y las unidades de mezclado queman una cantidad similar de combustible diesel. Debido al consumo de combustible y la capacidad de combustible de esta unidad convencional, la misma requiere el reabastecimiento de combustible durante la operación, lo que es extremadamente peligroso y representa un peligro de incendio. Adicionalmente, cada pieza de equipo convencional necesita un tractor dedicado para desplazarla y un conductor/operador para conducirlo. El tamaño de la cuadrilla requerida para operar y mantener una operación convencional, tal como la de la Figura 1, representa un coste directo para el operador del sitio.

30 En contraste, la operación energizada eléctricamente, como se describe en el presente documento, utiliza una turbina que solo consume alrededor de 6 mm scf de gas natural cada 24 horas. En tasas de mercado actuales (aproximadamente \$2.50 por mmbtu), esto equivale a una reducción en el coste directo para el operador del sitio de más de \$77.000 por día en comparación con la operación energizada con diesel. También, el intervalo de mantenimiento de los motores eléctricos es de aproximadamente 50.000 horas, lo que permite que desaparezca la mayor parte de los costes de confiabilidad y mantenimiento. Adicionalmente, la necesidad de múltiples accionadores/operadores se reduce significativamente y la operación energizada eléctricamente significa que un único operador puede ejecutar todo el sistema desde una ubicación central. El tamaño de la cuadrilla se puede reducir en aproximadamente 75%, ya que solo se necesitan aproximadamente 10 personas en el mismo sitio para llevar a cabo las mismas tareas que en las operaciones convencionales, con las 10 personas que incluyen el personal de mantenimiento fuera del sitio. Adicionalmente, el tamaño de la cuadrilla no se modifica con la cantidad de equipos utilizados. De esta manera, la operación energizada eléctricamente es significativamente más económica.

Diseño modular y realizaciones alternativas

- Como se señalo anteriormente, la naturaleza modular de la operación de fracturación energizada eléctricamente que se describe en el presente documento proporciona ventajas operativas y eficiencias significativas sobre los sistemas de fracturación tradicionales. Cada módulo 20 de fracturación está situado en el remolque 10 que aloja los soportes necesarios y los sistemas múltiples para succiones de baja presión y descargas de alta presión. Cada módulo 20 de fracturación se puede retirar del servicio y reemplazar sin cerrar o comprometer la dispersión de fracturación. Por ejemplo, la bomba 22 se puede aislar con respecto al remolque 10, se retira y reemplaza por una nueva bomba 22 en pocos minutos. Si el módulo 20 de fracturación requiere mantenimiento, se puede aislar de las líneas de fluido, desconectar, separar y retirar con un montacargas. Otro módulo 20 de fracturación se puede entonces reinsertar de la misma manera y realizar un ahorro de tiempo drástico. Adicionalmente, el módulo 20 de fracturación retirado se puede reparar o se realiza su mantenimiento en el sitio. En cambio, si una de las bombas en un sistema energizado con diesel convencional sale del servicio o requiere mantenimiento, la combinación tractor/remolque debe ser desconectada del sistema múltiple y trasladada del sitio. A continuación, una unidad de reemplazo debe ser respaldada en la línea y reconectada. La manipulación de estas unidades dentro de estos límites estrechos es difícil y peligrosa.
- La operación de fracturación energizada eléctricamente que se describe actualmente puede fácilmente adaptarse para acomodar tipos adicionales de capacidades de bombeo según sea necesario. Por ejemplo, se puede proporcionar un módulo de bombeo de reemplazo que está adaptado para ser instalado de modo separable en el remolque 10. El módulo de bombeo de reemplazo se puede utilizar para bombear nitrógeno líquido, dióxido de carbono u otros productos químicos o fluidos según sea necesario para aumentar la versatilidad del sistema y ampliar el rango y la capacidad operativa. En un sistema convencional, si se requiere una bomba de nitrógeno, una unidad de camión/remolque separada se debe llevar al sitio y unir en la extensión de fracturación. En contraste, la operación actualmente descrita permite un módulo de nitrógeno de reemplazo con generalmente las mismas dimensiones que el módulo 20 de fracturación, de modo que el módulo de reemplazo puede entrar en la misma ranura sobre el remolque que el módulo 20 de fracturación. El remolque 10 puede contener todas las distribuciones necesarias de energía eléctrica según requiere un módulo de bomba de nitrógeno de modo que no se requieren modificaciones. El mismo concepto se aplica a los módulos de bomba de dióxido de carbono o cualquier otra pieza de equipo que podría requerirse. En lugar de otro camión/remolque se puede utilizar en cambio un módulo de reemplazo especializado.
- Se considera que el gas natural es la fuente de combustible disponible más eficiente y más limpia. Mediante el diseño y construcción de "equipo adecuado para el objetivo" que se energiza con gas natural, se espera que cada uno del espacio ocupado de fracturación, mano de obra y requisitos de mantenimiento se pueda reducir en más de 60% en comparación con las operaciones energizadas con diesel tradicionales.
- Adicionalmente, la operación de fracturación energizada eléctricamente actualmente descrita resuelve o mitiga los impactos ambientales de las operaciones energizadas por diesel tradicionales. Por ejemplo, la operación energizada con gas natural descrita actualmente puede proporcionar una reducción significativa de las emisiones de dióxido de carbono en comparación con las operaciones energizadas con diesel. En una realización ilustrativa, un sitio de fracturación que utiliza la operación energizada con gas natural actualmente descrita tendría un nivel de emisiones de dióxido de carbono de aproximadamente 2200 kg/h dependiendo de la calidad del gas combustible lo que representa una reducción de aproximadamente 200% de las emisiones de dióxido de carbono respecto de las operaciones energizadas con diesel. También, en una realización ilustrativa, la operación energizada con gas natural actualmente descrita puede producir no más que aproximadamente 80 decibeles de sonido con un empaque de silenciador utilizado en la turbina 30 que cumple con los requisitos de OSHA para emisiones de ruido. En comparación, una bomba de fracturación energizada con diesel convencional que funciona a máximas rpm emite alrededor de 105 decibeles de sonido. Cuando múltiples bombas de fracturación energizadas con diesel funcionan simultáneamente, el ruido es un riesgo significativo asociado con las operaciones convencionales.
- En ciertas realizaciones ilustrativas, la operación de fracturación energizada eléctricamente que se describe en el presente documento también se puede utilizar para aplicaciones de petróleo y gas en alta mar, por ejemplo, la fracturación de un recinto de pozo en un sitio en alta mar. Las operaciones convencionales en alta mar ya poseen la capacidad de generar energía eléctrica en el sitio. Estos buques son normalmente a diesel más que eléctricos, lo que significa que la planta de energía de diesel en el buque genera electricidad para satisfacer todos los requisitos de potencia que incluyen la propulsión. La conversión de los servicios de bombeo en alta mar para que funcionen con un suministro de energía eléctrica permitirá que el combustible diesel transportado se utilice en la generación de energía más que para accionar la operación de fracturación, reduciendo de ese modo el consumo de combustible diesel. La energía eléctrica generada a partir de la planta de energía del buque de alta mar (que no es necesaria durante el mantenimiento de la estación) puede ser utilizada para energizar uno o más módulos 10 de fracturación. Esto es mucho más limpio, más seguro y más eficiente que el uso de equipos energizados con diesel. Los módulos 10 de fracturación son también más pequeños y más livianos que el equipo normalmente utilizado en la cubierta de los buques en alta mar, por lo tanto, se suprimen algunos de los problemas de lastre actuales y permite que los buques en alta mar transporten más equipos o materias primas.
- En un diseño de cubierta para un buque de estimulación de alta mar convencional, los equipos de bombeo energizados con diesel basados en patines y las instalaciones de almacenamiento en la cubierta del buque crean problemas de lastre. En la cubierta del buque, demasiado equipo pesado hace que el buque tenga un centro de

5 gravedad más alto. También, las líneas de combustible deben dirigirse a cada pieza de equipo lo que aumenta enormemente el riesgo de derrames de combustible. En las realizaciones ilustrativas de un diseño de cubierta de un buque en alta mar que utiliza operaciones de fracturación energizadas eléctricamente como se describe en el presente documento, el espacio ocupado físico del diseño de equipo se reduce significativamente cuando se compara con el diseño convencional. Mas espacio libre está disponible en la cubierta y el peso del equipo se reduce drásticamente, por lo tanto, se eliminan la mayor parte de los problemas de lastre. Se puede utilizar un buque ya diseñado como diesel-eléctrico. Cuando el buque está en la estación en una plataforma y en el modo de mantenimiento de estación, la mayor parte de la potencia que los motores del buque generan se puede llevar hasta la cubierta para energizar los módulos. Las instalaciones de almacenamiento en el buque se pueden ubicar por debajo de la cubierta, y esto hace descender aún más el centro de gravedad, mientras que el equipo adicional, por ejemplo, un separador trifásico o unidad de tubería enrollada, se puede proporcionar sobre la cubierta, lo que es difícil en los buques energizados con diesel existentes. Estos beneficios junto con el sistema de control electrónico proporcionan ventajas muy superiores sobre los buques convencionales.

10 Aunque la presente descripción ha contemplado específicamente un sistema de fracturación, el sistema se puede utilizar para energizar bombas con otros propósitos o para energizar otros equipos de campos petrolíferos. Por ejemplo, los equipos de bombeo de alta velocidad y presión, equipos de fracturación hidráulica, equipos de bombeo de estimulación de pozos y/o equipos de mantenimiento de pozos también pueden ser energizados con el presente sistema. Adicionalmente, el sistema se puede adaptar para ser utilizado en otros campos de la técnica que requieren operaciones de bombeo de alto torque o alta velocidad, tales como limpieza de tuberías o desagüe de minas.

20

REIVINDICACIONES

1. Un método para suministrar fluido de fracturación a un recinto de pozo, el método comprende las etapas de:
proporcionar una fuente dedicada de energía (30) eléctrica a un sitio que contiene un recinto de pozo que se va a fracturar;
- 5 proporcionar uno o más módulos (20) de fracturación eléctrica en el sitio, el módulo (20) de fracturación eléctrica que comprende un motor (21) eléctrico y una bomba (22) de fluido acoplada, el motor (21) eléctrico asociado operativamente con la fuente dedicada de energía (30) eléctrica;
- proporcionar un módulo (40) mezclador eléctrico, el módulo (40) mezclador eléctrico comprende: una fuente (48) de fluido, una fuente (44) aditiva de fluido, y una cubeta (46) de mezclador;
- 10 suministrar energía eléctrica desde la fuente (30) dedicada hasta el módulo (40) mezclador eléctrico para efectuar mezcla de un fluido desde la fuente (48) de fluido con un aditivo de fluido desde la fuente (44) aditiva de fluido para generar el fluido de fracturación;
- proporcionar el fluido de fracturación para suministro presurizado a un recinto de pozo; y
- 15 operar los módulos (20) de fracturación utilizando energía eléctrica desde la fuente dedicada para bombear el fluido de fracturación hasta el recinto de pozo.
2. El método de la reivindicación 1, en el que la fuente dedicada de energía eléctrica es un generador (30) de turbina.
3. El método de la reivindicación 2, que comprende adicionalmente la etapa de proporcionar una fuente de gas natural, en el que el gas natural se utiliza para accionar el generador (30) de turbina en la producción de energía eléctrica.
- 20 4. El método de la reivindicación 1, en el que el motor (21) eléctrico es un motor de imán permanente de CA capaz de operación en el rango de hasta 1500 rpms y hasta 20,000 pies/libras de torque.
5. El método de la reivindicación 1, en el que la bomba es una bomba (22) de fluido estilo de émbolo quíntuple.
6. El método de la reivindicación 1, en el que la fuente dedicada de energía (30) eléctrica se dispone en una ubicación remota desde uno o más módulos (20) de fracturación eléctrica.
- 25 7. El método de la reivindicación 1, en el que el sitio es un sitio en tierra.
8. El método de la reivindicación 2, en el que el sitio es un sitio en alta mar.
9. Un sistema para uso en suministrar fluido presurizado a un recinto de pozo, el sistema comprende:
un sitio de pozo que comprende un recinto de pozo y una fuente (30) dedicada de electricidad;
- 30 un módulo (20) de fracturación energizado eléctricamente asociado operativamente con la fuente (30) dedicada de electricidad, el módulo (20) de fracturación energizado eléctricamente que comprende un motor (21) eléctrico y una bomba (22) de fluido acoplada al motor (21) eléctrico;
- una fuente de fluido de tratamiento, en la que la fuente de fluido de tratamiento comprende un módulo de mezclador energizado eléctricamente (40) asociado operativamente con la fuente (30) dedicada de electricidad; y
- 35 un sistema de control para regular el módulo (20) de fracturación en el suministro de fluido de tratamiento desde la fuente de fluido de tratamiento hasta el recinto de pozo.
10. El sistema de la reivindicación 9, que comprende adicionalmente un remolque de fracturación en el sitio de pozo para alojar uno o más módulos (20) de fracturación.
11. El sistema de la reivindicación 9, en el que el módulo (20) de fracturación se adapta para montar de forma desmontable sobre el remolque.
- 40 12. El sistema de la reivindicación 9, que comprende adicionalmente un módulo de bombeo de repuesto que comprende una bomba y un motor eléctrico, en el que el módulo de bombeo de repuesto se adapta para montar de forma desmontable sobre el remolque.
13. El sistema de la reivindicación 12, en el que el módulo de bombeo de repuesto se selecciona del grupo que comprende un módulo de bombeo de nitrógeno y un módulo de bombeo de dióxido de carbono.
- 45

14. El sistema de la reivindicación 12, en el que el módulo de bombeo de repuesto se selecciona del grupo que comprende un torque alto, motor de baja velocidad y un torque bajo, motor de alta velocidad.
15. El sistema de la reivindicación 9, en el que la fuente dedicada de electricidad se dispone en una ubicación remota desde el módulo de fracturación energizado eléctricamente.
- 5 16. El sistema de la reivindicación 9, en el que el sitio de pozo es un sitio en tierra.
17. El sistema de la reivindicación 9, en el que el sitio de pozo es un sitio en alta mar y la fuente dedicada de electricidad y el módulo de fracturación energizado eléctricamente se ubican sobre un buque en alta mar.

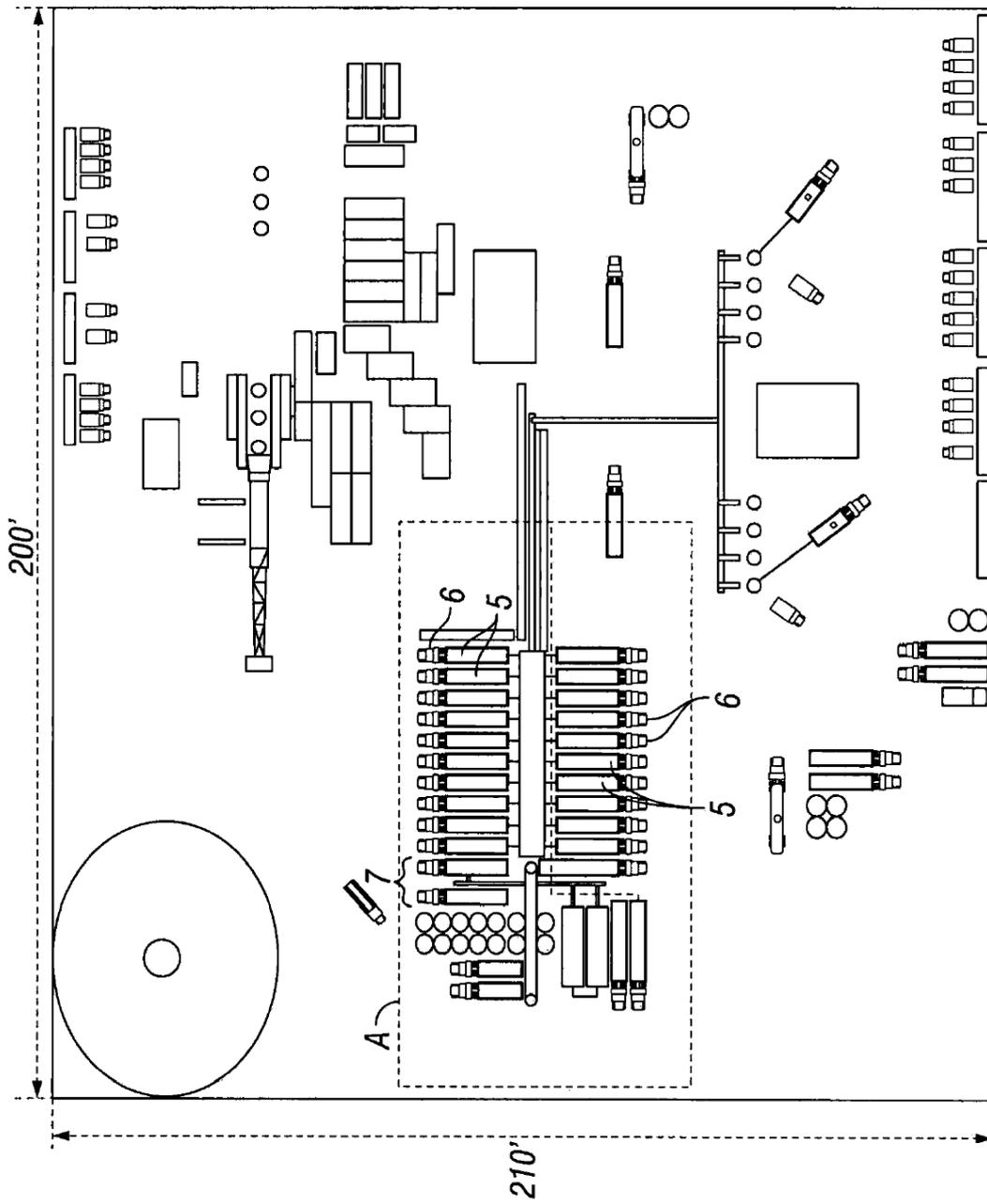


FIG. 1
(Técnica anterior)

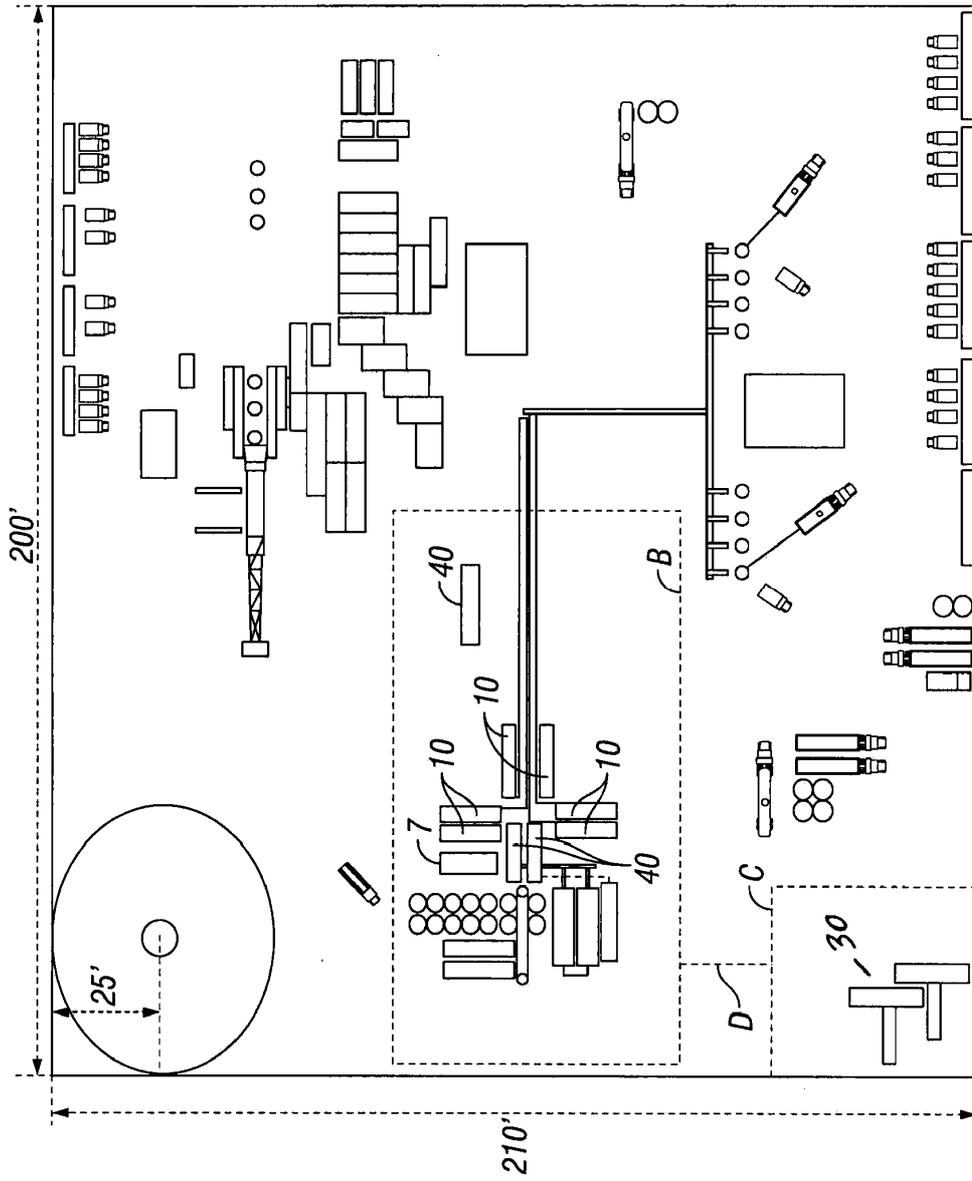


FIG. 2

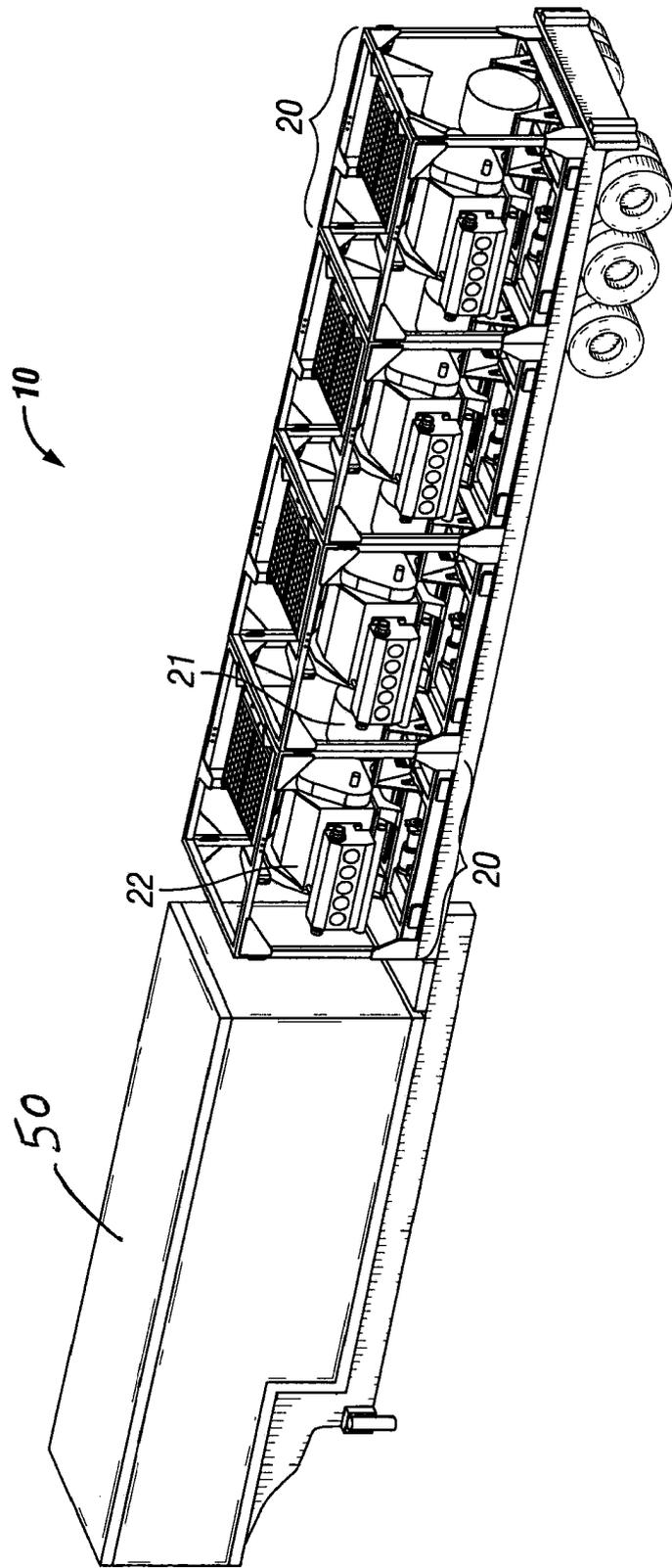


FIG. 3

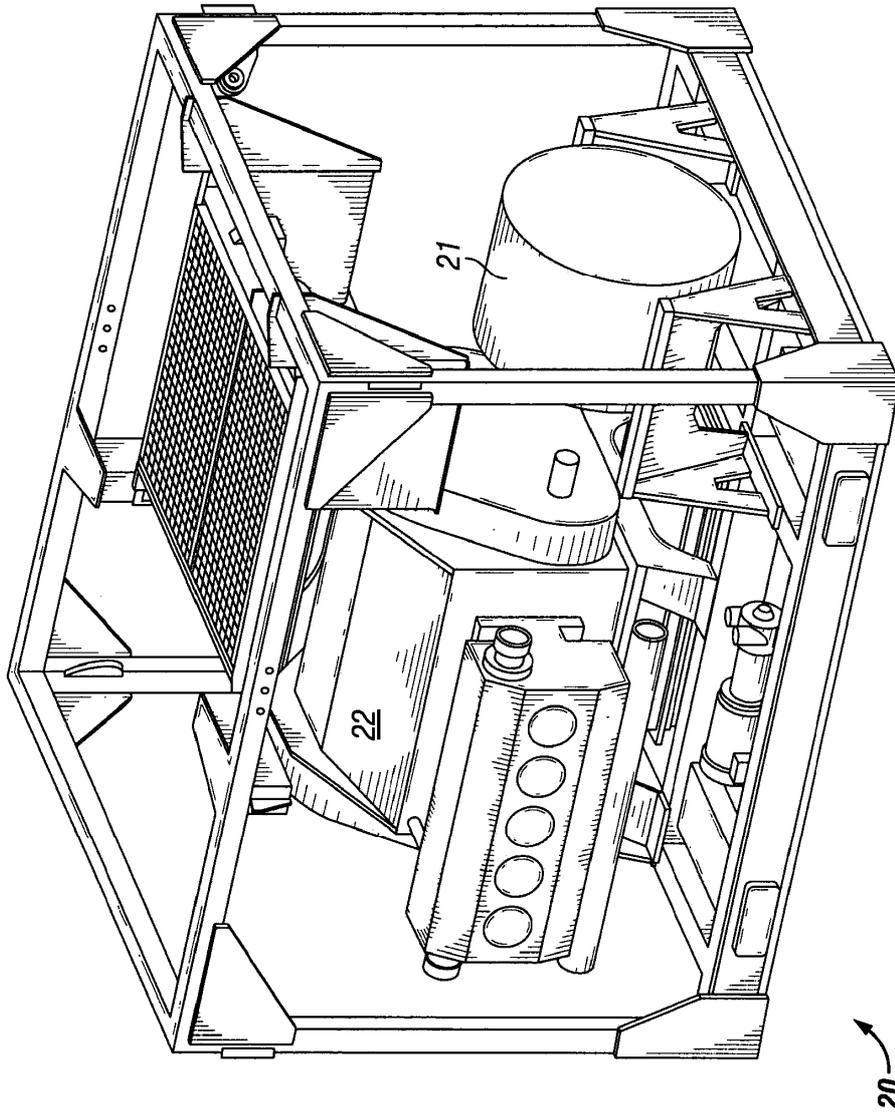


FIG. 4A

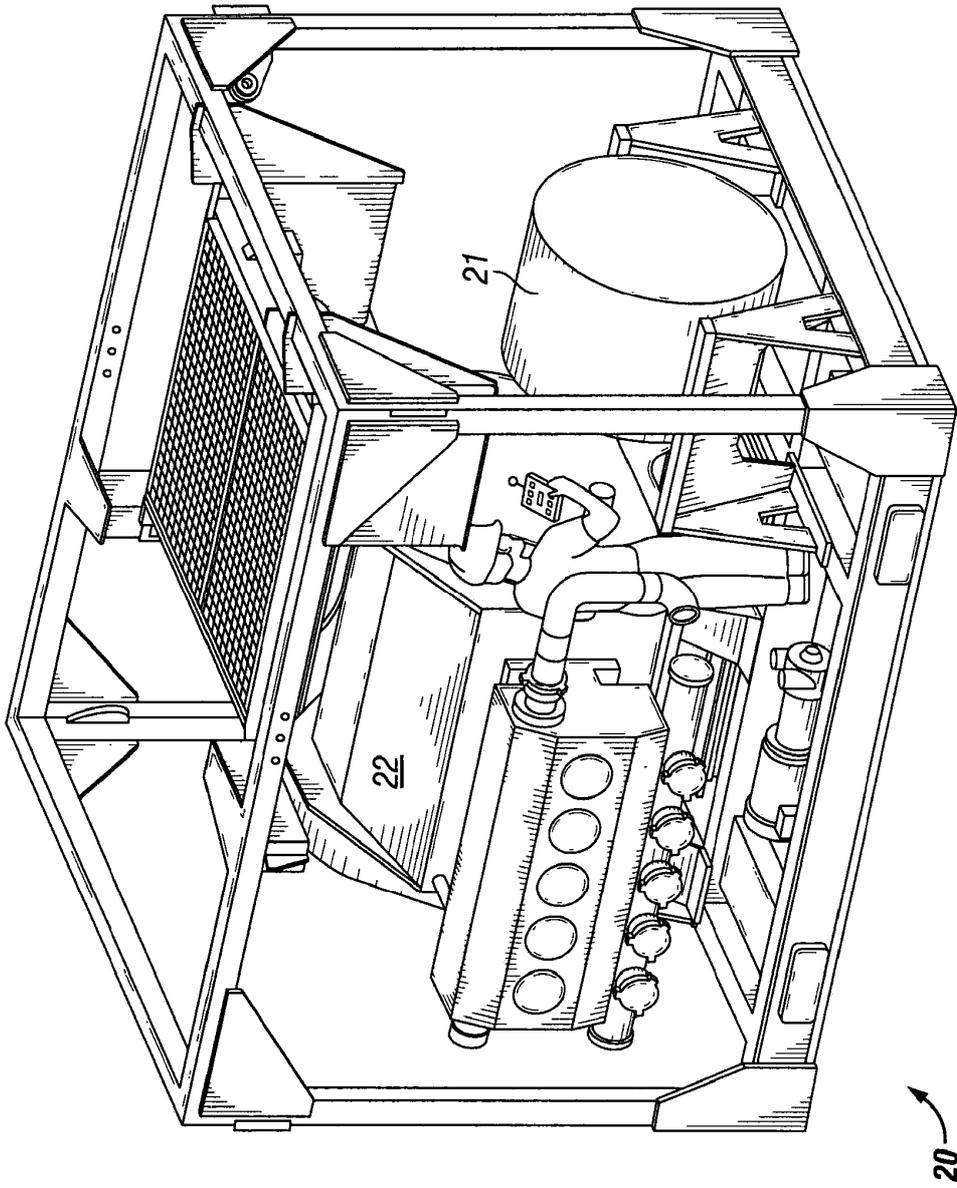


FIG. 4B

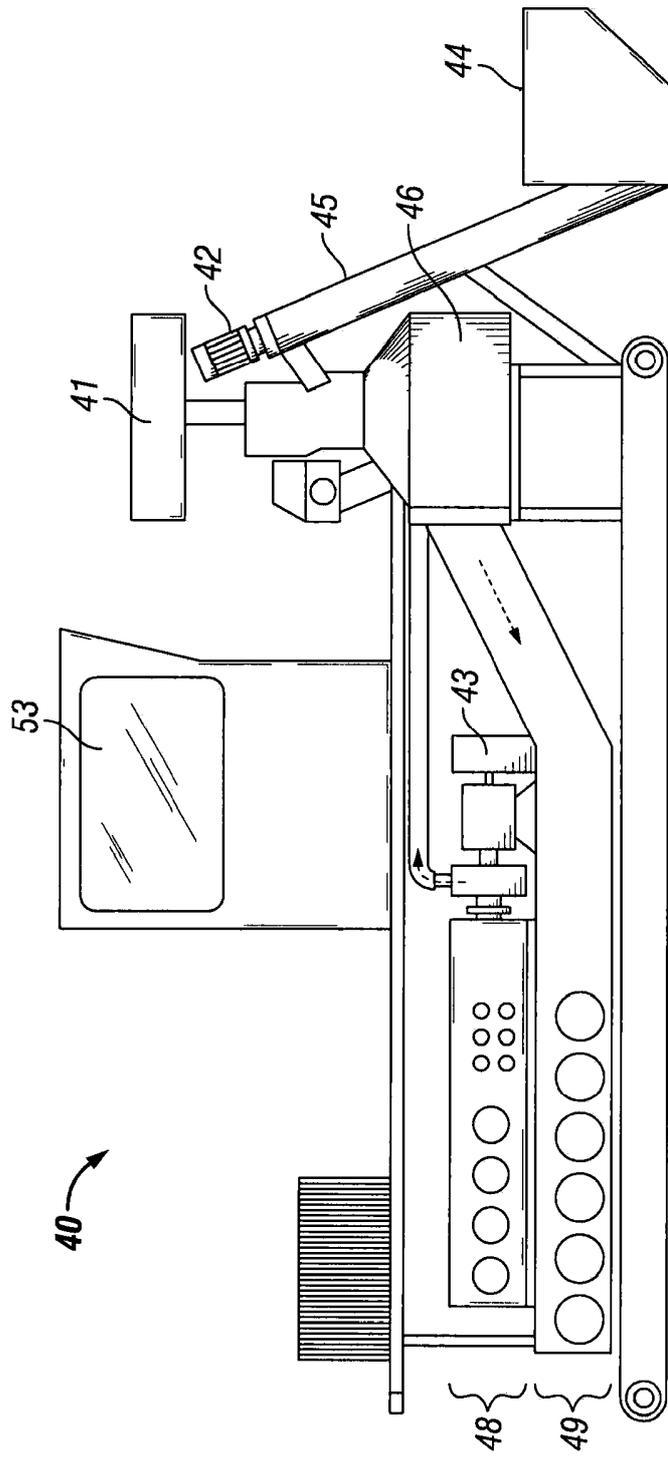


FIG. 5A

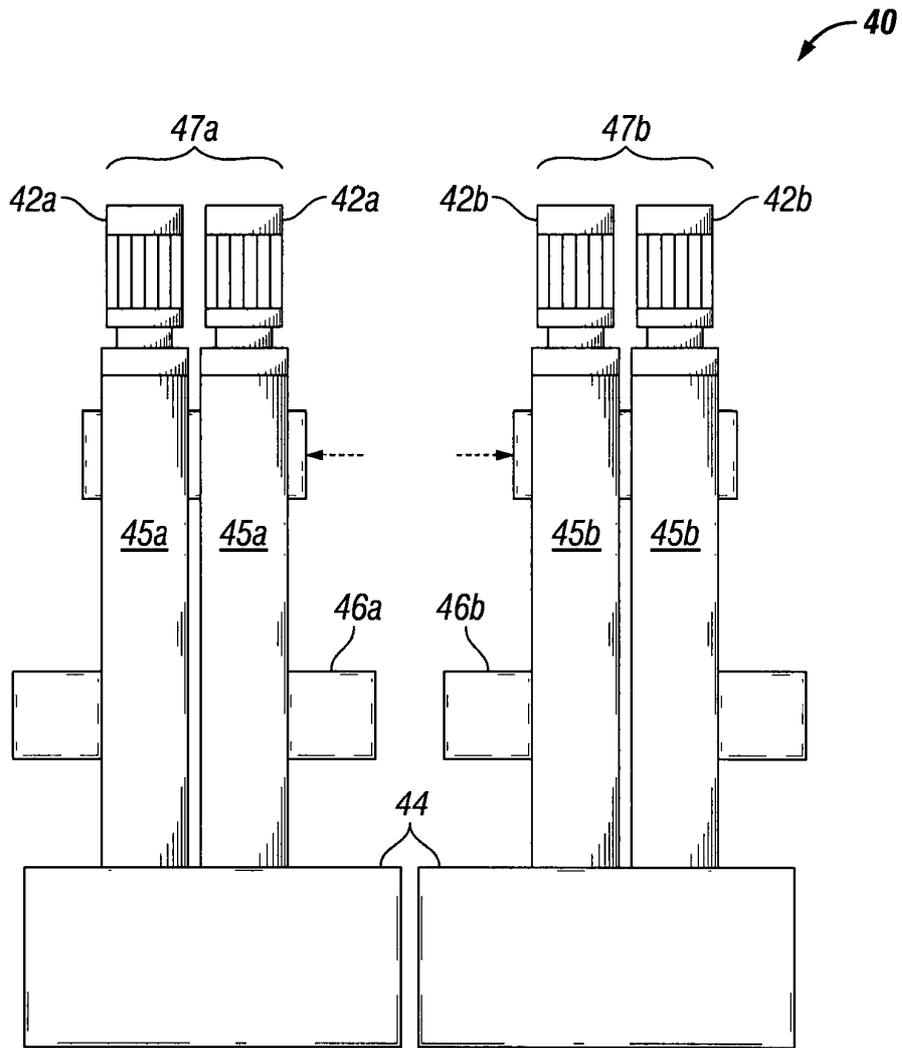


FIG. 5B

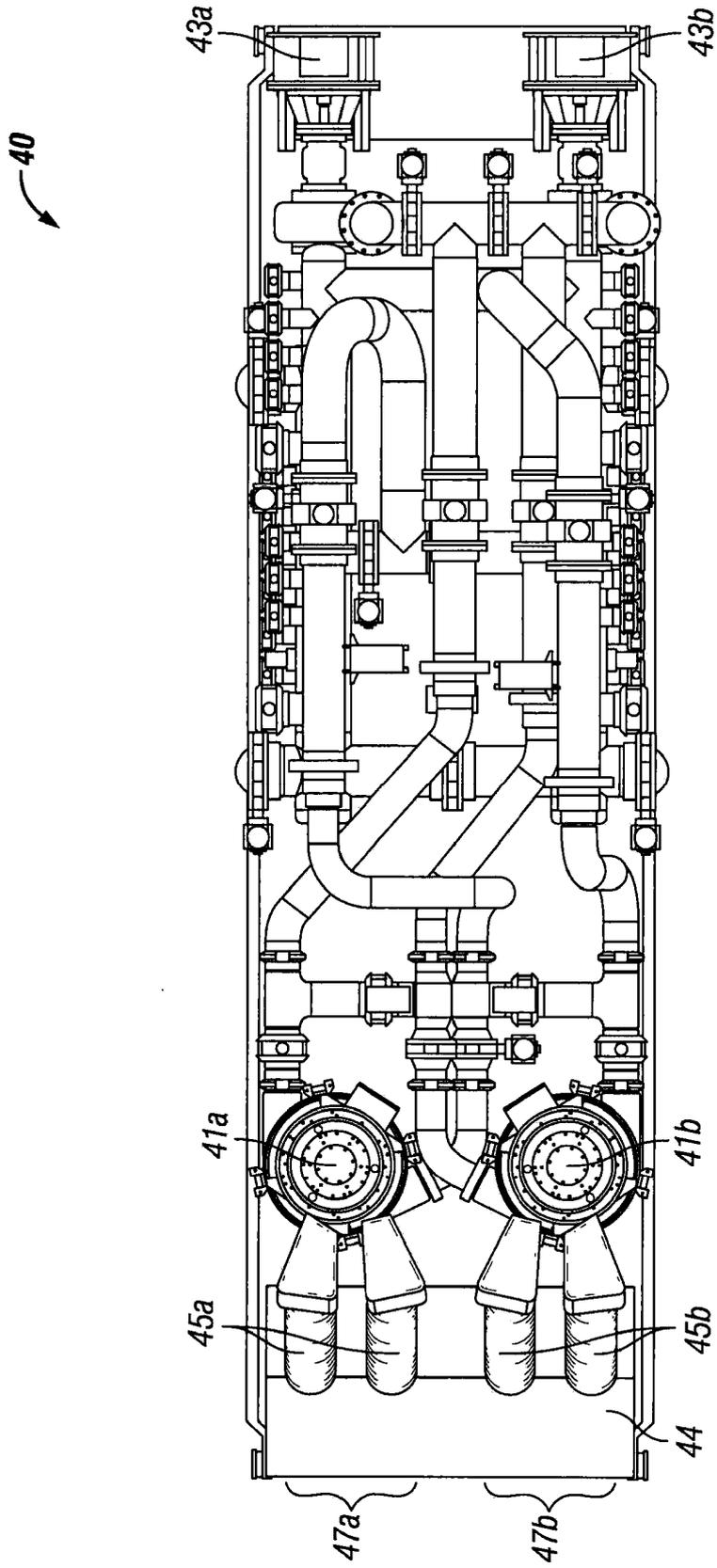


FIG. 5C

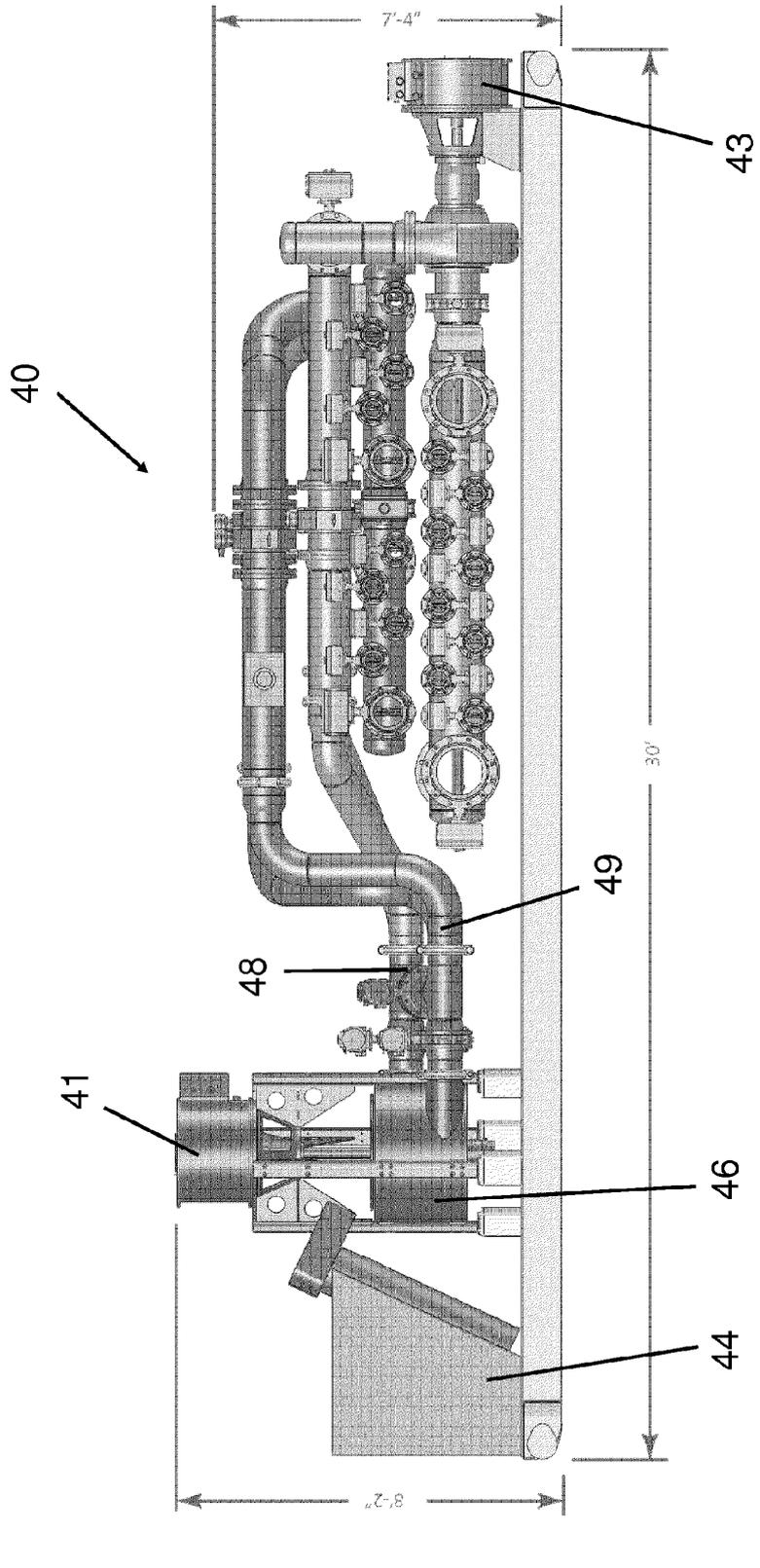
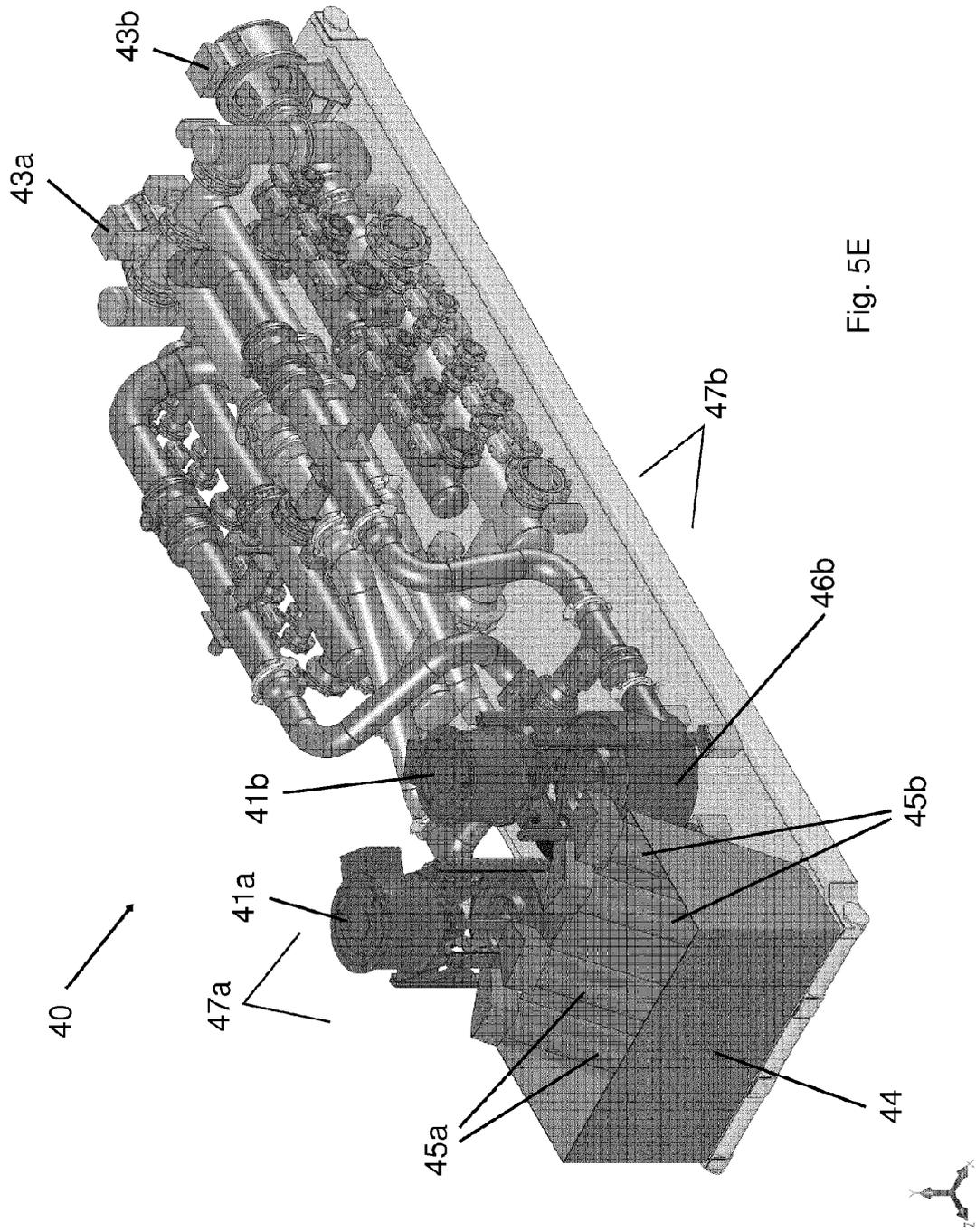


Fig. 5D



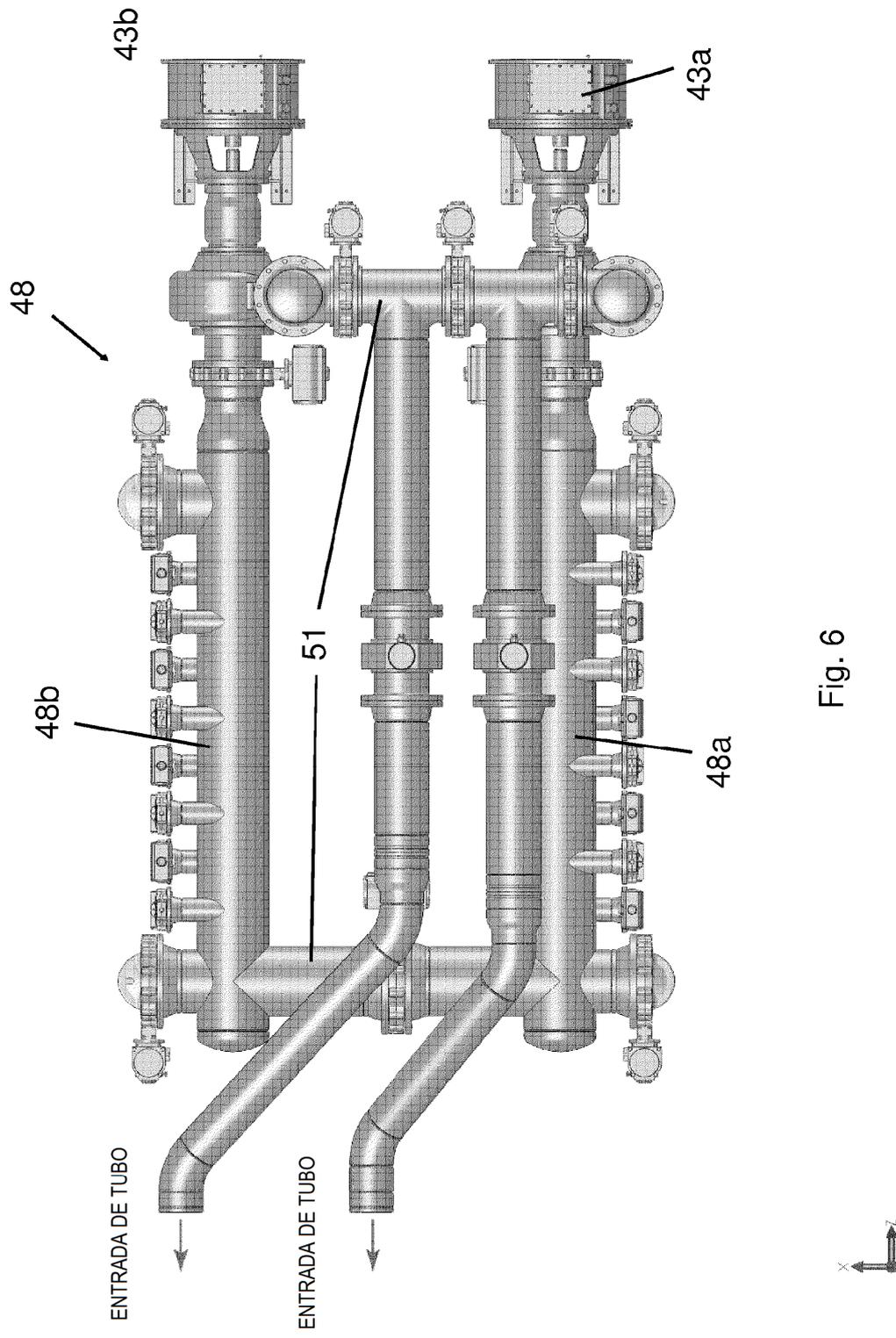


Fig. 6

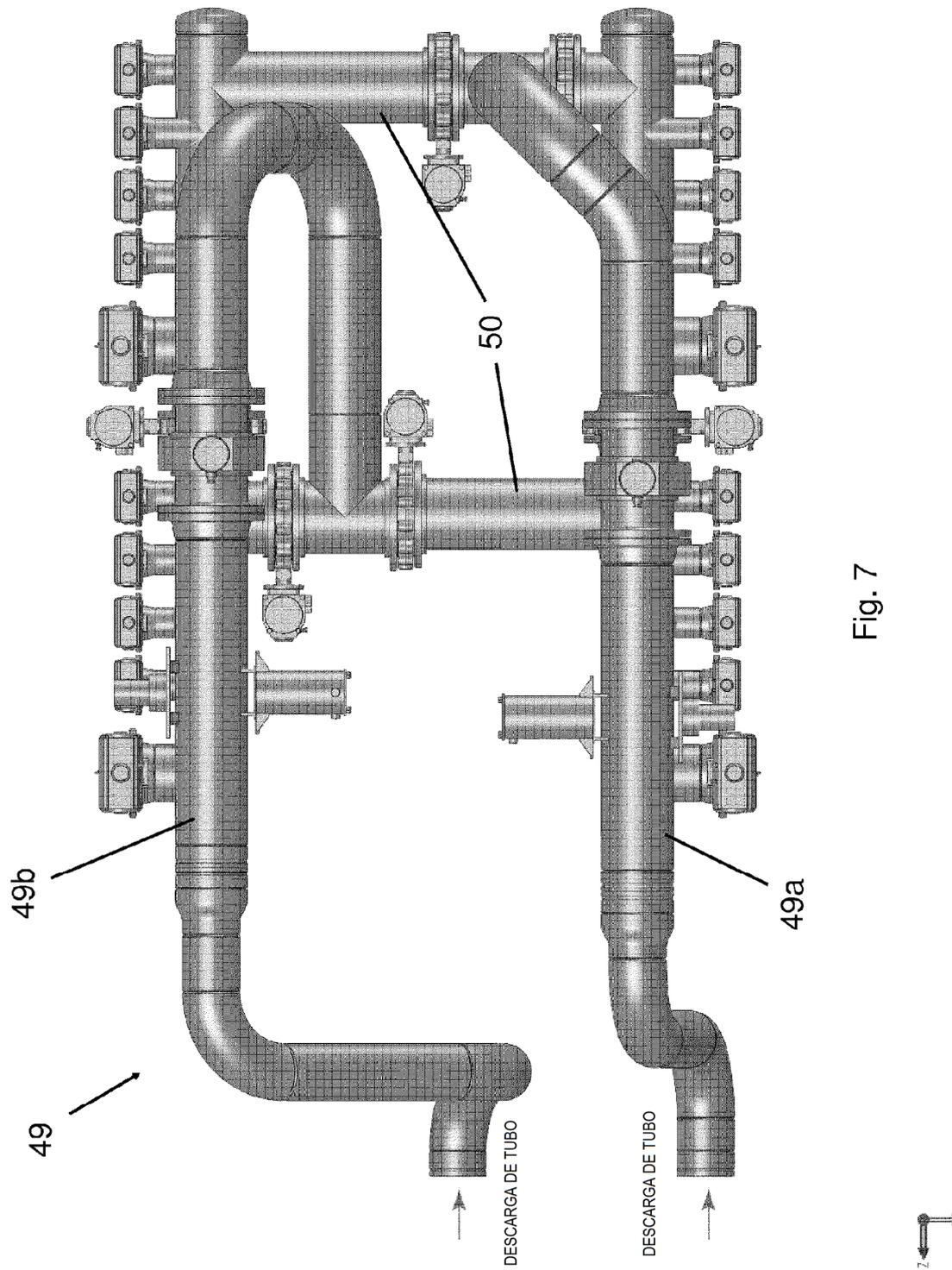


Fig. 7