

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 337**

51 Int. Cl.:

F01C 1/30 (2006.01)

F01C 20/14 (2006.01)

F01C 21/18 (2006.01)

F01C 20/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.08.2013 PCT/US2013/053788**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.02.2014 WO14025778**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.08.2013 E 13828111 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2019 EP 2882937**

54 Título: **Dispositivos rotatorios de cámara expansible que tienen puertos ajustables de fluido de trabajo y sistemas que incorporan los mismos**

30 Prioridad:

08.08.2012 US 201261680970 P

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

28.05.2020

73 Titular/es:

**FEUSTEL, AARON (100.0%)
2 Winter Street Unit V-23
Claremont, NH 03743, US**

72 Inventor/es:

FEUSTEL, AARON

74 Agente/Representante:

MIAZZETTO , Fabrizio

ES 2 763 337 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

Dispositivos rotatorios de cámara expansible que tienen puertos ajustables de fluido de trabajo y sistemas que incorporan los mismos

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a dispositivos rotatorios de cámara expansible. En particular, la presente invención está dirigida a dispositivos rotatorios de cámara expansible que tienen puertos ajustables de fluido de trabajo y sistemas que los incorporan.

10

Antecedentes

Los dispositivos rotatorios de cámara expansible están formados por al menos un cuerpo que gira en relación con otro cuerpo y que define en conjunto con ese otro cuerpo el límite de una zona de fluido que está configurada para recibir un fluido de trabajo durante el uso. La zona de fluido está compuesta típicamente por una pluralidad de volúmenes de fluido que aumentan y disminuyen de tamaño a medida que gira el cuerpo rotativo. Se pueden usar dispositivos rotatorios de cámara expansible, por ejemplo, como compresores, donde un fluido compresible entra en la pluralidad de volúmenes de fluido y se comprime cuando los volúmenes de fluido disminuyen de tamaño, o los dispositivos pueden usarse como expansores, donde la energía de un fluido compresible se transfiere al cuerpo rotativo a medida que el fluido se expande dentro de los volúmenes de fluido.

15

20

Una rotación de 360° del (de los) cuerpo(s) rotativo(s) de un dispositivo rotatorio de cámara expansible puede dividirse en varios arcos, cada uno de los cuales describe una de las siguientes tres categorías: a) un arco de contracción, en el cual el volumen de fluido de trabajo limitado parcial o totalmente por el (los) cuerpo (s) se está reduciendo, b) un arco expansivo, en el que el volumen de fluido limitado parcial o totalmente por el (los) cuerpo (s) se está expandiendo, y c) un arco de volumen constante, en el cual el volumen de fluido limitado parcial o totalmente por el (los) cuerpo (s) no está cambiando de tamaño. Estos arcos pueden o no moverse en alguna relación con los cuerpos rotativos. En ubicaciones generalmente relativas a estos arcos hay aberturas o puertos que permiten que el fluido entre y salga de la zona de fluido.

25

30

Un dispositivo de cámara expansible puede tener una variedad de parámetros operativos, como la velocidad de rotación del dispositivo, el caudal másico de un fluido de trabajo, la temperatura y presión de salida del fluido de trabajo, y la energía producida o consumida por el dispositivo. Sin embargo, los dispositivos de la técnica anterior están mal equipados para controlar uno o más de estos parámetros independientemente de los otros parámetros operativos, y están mal equipados para hacerlo de una manera eficiente energéticamente.

35

El documento FR2739900 divulga un compresor que tiene una facilidad para alterar la posición angular, en la dirección circunferencial, del borde de medición del puerto de entrada del eje excéntrico que establece el inicio del compresor.

40

El documento GB349191 divulga una bomba rotativa del tipo de paleta deslizante hacia afuera que tiene anillos para tomar el empuje centrífugo sobre las paletas, tiene cámaras anulares en cada extremo de la bomba en las que los anillos ajustables angularmente contienen puertos de entrada o salida.

45

Sumario de la divulgación

La invención está definida por las reivindicaciones.

En una implementación, la presente divulgación está dirigida a un dispositivo rotatorio de cámara expansible. El dispositivo incluye un componente rotativo externo que tiene un eje de máquina, un componente rotativo interno ubicado en relación con el componente rotativo externo para definir una zona de fluido entre los componentes interno y externo, la zona de fluido para recibir un fluido de trabajo durante el uso, en donde los componentes rotativos interno y externo están diseñados y configurados para engranarse entre sí de manera que, cuando al menos uno de los componentes rotativos interno y externo se mueve continuamente en relación con el otro alrededor de un eje paralelo al eje de máquina, los componentes rotativos interno y externo definen continuamente al menos un arco de contracción, al menos un arco expansivo y al menos un arco de volumen cero dentro de la zona de fluido; un primer puerto de fluido de trabajo en comunicación fluida con la zona de fluido y que tiene una primera extensión circunferencial y una primera posición angular alrededor del eje de máquina; y un primer mecanismo diseñado y configurado para cambiar de forma controlable al menos uno de la primera extensión circunferencial y la primera posición angular.

50

55

60

En otra implementación, la presente divulgación está dirigida a un sistema de recuperación de energía. El sistema incluye un primer dispositivo rotatorio de cámara expansible que tiene un puerto de salida de fluido de trabajo ajustable y un primer mecanismo de ajuste de puerto diseñado y configurado para ajustar de manera controlable al menos uno de un tamaño y ubicación del puerto de salida; un segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible que tiene un puerto de entrada de fluido de trabajo ajustable y un segundo mecanismo de ajuste de puerto diseñado y configurado

65

para ajustar de manera controlada al menos uno de un tamaño y ubicación del puerto de entrada, el primer dispositivo rotatorio de cámara expansible acoplado mecánicamente al segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible; y un condensador acoplado de manera fluida a la salida del primer dispositivo rotatorio de cámara expansible y acoplado de manera fluida a la entrada del segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible; en donde el sistema está diseñado y configurado para recuperar energía de un fluido de trabajo mediante el escape del fluido de trabajo desde el puerto de salida del primer dispositivo rotatorio de cámara expansible a una presión por debajo de la presión ambiental, condensa el fluido de trabajo, y luego vuelve a comprimir el fluido de trabajo con el segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible a una presión sustancialmente igual a la presión ambiental.

En otra implementación más, la presente divulgación está dirigida a un sistema de refrigeración monofásico. El sistema incluye un primer dispositivo rotatorio de cámara expansible que tiene un primer puerto de entrada, un primer puerto de salida y un primer mecanismo de ajuste de puerto diseñado y configurado para ajustar de forma controlable un tamaño o ubicación, o ambos, de al menos uno del primer puerto de entrada y el primer puerto de salida; un segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible que tiene un segundo puerto de entrada y un segundo puerto de salida, y un segundo mecanismo de ajuste de puerto diseñado y configurado para ajustar de manera controlable al menos uno del segundo puerto de entrada y el segundo puerto de salida, el primer dispositivo rotatorio de cámara expansible acoplado mecánicamente al segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible; y primeros y segundos intercambiadores de calor, el primer intercambiador de calor acoplado de manera fluida al primer puerto de salida y el segundo puerto de entrada y el segundo intercambiador de calor acoplado de manera fluida al segundo puerto de salida y el primer puerto de entrada; en donde el sistema está configurado para funcionar como un ciclo de refrigeración de circuito cerrado con un fluido de trabajo monofásico compresible, en donde el primer y el segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible están diseñados y configurados para controlar un caudal másico del fluido de trabajo independientemente de un diferencial de temperatura o presión a través del primer y segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible ajustando el primer y segundo mecanismo de ajuste de puerto.

En otra implementación más, la presente divulgación está dirigida a un sistema de calefacción configurado para transferir calor a un entorno controlado. El sistema de calefacción incluye un motor de ciclo abierto acoplado a un motor de ciclo cerrado; comprendiendo el motor de ciclo abierto primeros y segundos dispositivos rotatorios de cámara expansible, y comprendiendo el motor de ciclo cerrado terceros y cuartos dispositivos rotatorios de cámara expansible, en donde el primer, segundo, tercer y cuarto dispositivo rotatorio de cámara expansible están acoplados mecánicamente entre sí para la operación giratoria acoplada de los mismos; el motor de ciclo abierto con una cámara de combustión acoplada al primer y segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible y configurado para calentar un primer fluido de trabajo que ha sido comprimido por el primer dispositivo rotatorio de cámara expansible, el segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible configurado para extraer energía del primer fluido de trabajo que sale por la cámara de combustión; el motor de ciclo cerrado acoplado térmicamente al motor de ciclo abierto mediante un primer intercambiador de calor configurado para transferir calor del primer fluido de trabajo a un segundo fluido de trabajo; y los dispositivos rotatorios de cámara expansible tercero y cuarto acoplados al primer intercambiador de calor y un segundo intercambiador de calor, formando así un circuito cerrado, el segundo intercambiador de calor acoplado térmicamente a un entorno controlado de modo que el sistema de calefacción está configurado para transferir calor al entorno controlado; en donde cada uno del primer, segundo, tercer y cuarto dispositivo rotatorio de cámara expansible tienen al menos un puerto ajustable y al menos un mecanismo de ajuste para ajustar un tamaño o ubicación, o ambos, del puerto, el primer y el segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible configurados para controlar una presión o temperatura del primer fluido de trabajo independientemente de un caudal másico del primer fluido de trabajo y una velocidad de rotación de los dispositivos rotatorios de cámara expansible, los dispositivos rotatorios de cámara expansible segundo y tercero configurados para controlar una presión o temperatura del segundo fluido de trabajo independientemente de un caudal másico del segundo fluido de trabajo y la velocidad de rotación de los dispositivos rotatorios de cámara expansible.

En todavía otra implementación más, la presente divulgación se dirige a un método para controlar un dispositivo rotatorio de cámara expansible que tiene componentes rotativos internos y externos que definen entre ellos una zona de fluido que, cuando el dispositivo rotatorio de cámara expansible está funcionando, contiene al menos un arco de contracción y al menos un arco de expansión. El método incluye determinar al menos uno de 1) una extensión de abertura circunferencial deseada de un primer puerto en el dispositivo rotatorio de cámara expansible que está en comunicación fluida con la zona de fluido y 2) una posición angular deseada del primer puerto; y ajustar el primer puerto para lograr la extensión de abertura circunferencial deseada o la posición angular deseada, o ambas, para controlar un primer parámetro operativo independientemente de un segundo parámetro operativo.

Breve descripción de los dibujos

Con el fin de ilustrar la invención, los dibujos muestran aspectos de una o más realizaciones de la invención. Sin embargo, debe entenderse que la presente invención no se limita a las disposiciones e instrumentos precisos mostrados en los dibujos, en donde:

la FIG. 1 es un diagrama esquemático de un sistema de dispositivo rotatorio de cámara expansible (REC) hecho de acuerdo con la presente invención;

- la FIG. 2A es una vista transversal de un dispositivo REC tipo paleta;
- la FIG. 2B es una vista isométrica del dispositivo REC tipo paleta de la FIG. 2A;
- 5 la FIG. 2C es una vista en sección transversal del dispositivo REC tipo paleta de las FIGS. 2A y 2B en un estado diferente;
- la FIG. 3A es una vista en sección transversal de un dispositivo REC tipo paleta que tiene seis correderas;
- 10 la FIG. 3B es una vista isométrica del dispositivo REC tipo paleta de la FIG. 3A;
- la FIG. 3C es una vista en sección transversal del dispositivo REC tipo paleta de las FIGS. 3A y 3B en un estado diferente; la FIG. 4 es una vista en sección transversal de un dispositivo REC tipo paleta con dos cuñas;
- 15 la FIG. 5 es una vista transversal de un dispositivo REC tipo paleta con ocho correderas;
- la FIG. 6 es un diagrama esquemático de un sistema de dispositivos REC y otros componentes utilizados para transmitir energía de manera eficiente;
- 20 la FIG. 7 es un diagrama esquemático de un sistema de dispositivos REC y otros componentes utilizados para generar y transmitir energía de manera eficiente;
- la FIG. 8 es un diagrama esquemático de un sistema de dispositivos REC y otros componentes utilizados para transmitir calor de manera eficiente;
- 25 la FIG. 9 es un diagrama esquemático de un sistema de circuito abierto de dispositivos REC acoplado a un sistema de circuito cerrado de dispositivos REC, y otros componentes, utilizado para generar y transmitir calor de manera eficiente;
- 30 la FIG. 10 es un diagrama que describe parte de la geometría de un engranaje que puede usarse como parte de un componente rotativo en un dispositivo REC;
- la FIG. 11 es una vista de dos perfiles de engranajes que pueden usarse como componentes rotativos en un dispositivo REC;
- 35 la FIG. 12 es un diagrama que describe parte de la geometría de un engranaje que puede usarse como parte de un componente rotativo en un dispositivo REC;
- la FIG. 13 ilustra dos perfiles de engranajes que pueden usarse como componentes rotativos en un dispositivo REC;
- 40 la FIG. 14A es una vista en sección transversal de un dispositivo REC que tiene correderas y placas terminales;
- la FIG. 14B es una vista isométrica del dispositivo REC de la FIG. 14A;
- 45 la FIG. 15A es una vista en sección transversal de un dispositivo REC de tipo paleta con una pluralidad de arcos de expansión y una pluralidad de arcos de contracción;
- la FIG. 15B es una vista isométrica del dispositivo REC de la FIG. 15A;
- 50 la FIG. 16A es una vista en sección transversal de un dispositivo REC que tiene válvulas acopladas a una zona de fluido;
- la FIG. 16B es una vista isométrica del dispositivo REC de la FIG. 16A.
- 55

Descripción detallada

Algunos aspectos de la presente invención incluyen varios mecanismos de puerto variable, sistemas de control y métodos para cambiar de manera repetible y predecible uno cualquiera o más de una pluralidad de parámetros operativos de un dispositivo rotatorio de cámara expansible (REC) independientemente de uno o más de otros parámetros operativos de una manera eficiente y eficaz en energía. Otros aspectos de la presente invención incluyen dispositivos REC y sistemas basados en dispositivos REC que incorporan tales mecanismos de puerto variable y sistemas de control, individualmente y juntos, y/o utilizan tales métodos. Como será evidente al leer toda esta divulgación, los dispositivos REC que pueden beneficiarse de tales mecanismos de puerto variable, sistemas de control y métodos incluyen, pero no se limitan a, dispositivos REC tipo paleta, dispositivos REC de tipo gerotor y dispositivos REC de tipo de rotor excéntrico. Asimismo, los beneficios que pueden resultar de implementar tales

60

65

mecanismos de puerto variable, sistemas de control y/o métodos pueden disfrutarse independientemente de la función del dispositivo REC, tal como si funciona como un compresor, expansor, bomba, motor, etc., y combinaciones de los mismos. De hecho, los beneficios que proporcionan los aspectos de la presente invención pueden hacer que los dispositivos REC sean altamente deseables en términos de rendimiento para cualquiera de estas funciones y también pueden conducir a la implementación de dispositivos REC en sistemas, tales como sistemas de propulsión de vehículos / recuperación de energía, generador de calor, transmisión de energía a corta y larga distancia, y bombas de calor, entre muchos otros, en donde los usos de dispositivos REC convencionales pueden no haber sido considerados hasta ahora debido a sus limitaciones de rendimiento.

En vista de la amplia aplicabilidad de los diversos aspectos de la presente invención a los dispositivos y sistemas REC que incorporan dichos dispositivos, la FIG. 1 de los dibujos adjuntos presenta algunas de las características y principios generales subyacentes a las funcionalidades de puerto variable descritas en este documento y ejemplificadas con ejemplos particulares en las figuras restantes y la descripción adjunta. Haciendo referencia ahora a la FIG. 1, esta figura ilustra una realización ejemplar de un sistema de dispositivo REC 100 que es capaz de controlar de forma repetible y predecible uno cualquiera o más de una pluralidad de parámetros operativos del sistema independientemente de otros parámetros operativos de una manera eficiente energéticamente. El sistema 100 incluye un dispositivo REC 104, que en este ejemplo comprende un componente rotativo externo 108 y un componente rotativo interno 112 que juntos (y con cualquier pieza terminal (no mostrada), tales como placas o componentes de la carcasa) definen una zona de fluido 116 que recibe un fluido de trabajo, F, durante el uso. Se observa que el término "componente rotativo" como se usa en el presente documento y en las reivindicaciones adjuntas significará un componente que es un componente rotativo, como un rotor, engranaje, rotor excéntrico, engranaje excéntrico, etc., que gira o tiene un componente rotativo durante el uso, o un componente estacionario, como un estator, que está acoplado a un componente rotativo durante el uso. Como apreciarán los expertos en la materia, un dispositivo REC de la presente divulgación, como el dispositivo REC 104, puede tener uno o más componentes rotativos. En la realización mostrada, que tiene componentes rotativos internos y externos 108 y 112, respectivamente, uno, el otro, o ambos componentes rotativos interno y externo pueden ser componentes rotativos.

En la realización ilustrada, durante el funcionamiento, el componente rotativo interno 112 puede girar en cualquier dirección, como se indica mediante la flecha doble R. En virtud del acoplamiento entre los componentes rotativos externo e interno 108 y 112, la zona de fluido 116 tiene una pluralidad de volúmenes de fluido definidos entre ellos, al menos uno de los cuales aumenta y disminuye de tamaño durante el movimiento del componente rotativo interno 112, dependiendo de la dirección de su rotación. Durante su uso, si un volumen de fluido dado aumenta o disminuye de tamaño en una posición circunferencial dada depende de la dirección de rotación del componente rotativo interno 112 y del arco a través del cual se está desplazando. En la realización mostrada, una rotación completa del componente rotativo interno 112 incluye 1) un arco de volumen de expansión 116A, en el que los volúmenes de fluido están aumentando de tamaño, 2) un arco de volumen de contracción 116B en el que los volúmenes de fluido están disminuyendo de tamaño, y 3) un arco de volumen constante 116C en el que los volúmenes de fluido permanecen sustancialmente del mismo tamaño. En otras realizaciones, un dispositivo REC puede tener más de un arco de volumen de expansión, más de un arco de volumen de contracción y cero o más de un arco de volumen constante.

El dispositivo REC 104 incluye además al menos un puerto de fluido de trabajo ajustable en comunicación fluida con la zona de fluido 116 con el fin de comunicar fluido de trabajo F a la zona de fluido o comunicar fluido de trabajo desde la zona de fluido. En el ejemplo mostrado, el dispositivo REC 104 tiene dos puertos de fluido de trabajo ajustables 120 y 124. En la realización ilustrada, el fluido de trabajo F dentro de la zona de fluido 116, más específicamente dentro de varios de la pluralidad de arcos de volumen de fluido 116A a 116C, puede obtener acceso a los puertos ajustables 120 y 124 durante ciertas partes de la rotación del componente rotativo interno 112. Durante otras partes de la rotación del componente rotativo interno 112, uno de los arcos de volumen de fluido 116A a 116C puede estar completamente limitado y no estar en comunicación fluida con el puerto ajustable 120 o el puerto ajustable 124. Dependiendo de la configuración del dispositivo REC 104, la zona de fluido 116 puede tener acceso al puerto ajustable 120 o al puerto ajustable 124 durante uno cualquiera de los arcos de expansión, contracción, y de volumen constante 116A, 116B y 116C. Además y como se mencionó anteriormente, los puertos ajustables 120 y 124 pueden ubicarse en una variedad de ubicaciones en el dispositivo REC 104, por ejemplo, pueden ubicarse en una superficie circunferencial externa del dispositivo, en una posición radialmente hacia adentro desde la superficie circunferencial externa, o en un extremo longitudinal del dispositivo, entre otros. Como será evidente al leer toda esta divulgación, cada puerto ajustable 120 y 124 puede ser ajustable en posición circunferencial o angular, área de flujo, o ambas. En este sentido, cabe señalar que el término "circunferencial" se refiere únicamente a la direccionalidad, y no a la ubicación.

En cuanto a la posición angular, si está habilitada, la posición angular de cada puerto ajustable 120 y 124 se puede ajustar de modo que las partes de la zona de fluido 116 sobre las cuales el fluido F tiene acceso a cualquiera de los puertos ajustables 120 y 124 se puedan cambiar. Por ejemplo, la posición angular del puerto ajustable 120 se puede cambiar desde una primera posición, en donde el fluido F dentro de la zona de fluido 116 obtiene acceso a ese puerto al comienzo del arco de volumen de expansión 116A, a una segunda posición, en donde el fluido dentro de la zona de fluido no obtiene acceso al puerto ajustable 120 hasta la mitad o el final del arco de volumen de expansión 116A. La posición angular del puerto ajustable 120 también se puede ajustar de modo que los arcos de volumen en movimiento solo tengan acceso a ese puerto durante una parte del arco de volumen de contracción 116B o arco de volumen constante 116C. De manera similar, la posición angular del puerto ajustable 124 puede ajustarse para variar la

ubicación a lo largo de los arcos de volumen 116A a 116C donde el fluido F dentro de la zona de fluido 116 obtiene acceso a ese puerto.

5 En cuanto a la capacidad de ajuste del área de flujo, el tamaño del área de flujo de un puerto ajustable de la presente divulgación, como cualquiera de los puertos ajustables 120 y 124, puede variarse de cualquier manera adecuada, tal como variando su extensión circunferencial (por ejemplo, que se puede denotar como longitud circunferencial o ancho circunferencial, dependiendo de la preferencia) o variando su extensión axial (por ejemplo, longitud o ancho (según la preferencia) en una dirección paralela a un eje de rotación de uno de los componentes rotativos), o variando ambos. Por ejemplo, la extensión circunferencial de los puertos ajustables 120 y 124 puede ajustarse de manera que pueda cambiarse la porción del uno o más arcos 116A a 116C sobre la cual el fluido F dentro de la zona de fluido 116 obtiene acceso a los puertos. Por ejemplo, el puerto ajustable 120 se puede ajustar desde una primera extensión circunferencial, en donde el fluido F dentro de la zona de fluido 116 obtiene acceso a ese puerto sobre un primer porcentaje del arco de expansión 116A a una segunda, mayor extensión circunferencial, donde el fluido dentro de la zona de fluido obtiene acceso al primer puerto 112 sobre un segundo, mayor porcentaje del arco de expansión 116A. Como se ha indicado anteriormente, la extensión axial de uno o ambos puertos ajustables 120 y 124 también puede ser ajustable, tal que el fluido F dentro de la zona de fluido 116 pueda tener acceso a dichos puertos sobre un área de flujo mayor a lo largo del eje longitudinal 128 del dispositivo REC 104. Al ajustar una o más de la posición angular, la extensión circunferencial y la extensión axial de los uno o más puertos de fluido de trabajo, las ubicaciones y las áreas de flujo en las que el fluido de trabajo dentro de la zona de fluido está en comunicación fluida con los sistemas de fluido (no mostrados) externos al dispositivo REC pueden ajustarse con gran precisión a las condiciones de funcionamiento y al rendimiento deseado.

25 Como también se verá a continuación, los puertos ajustables de la presente divulgación, como los puertos 120 y 124, también pueden hacerse ajustables uniendo selectivamente los puertos entre sí y/o con uno o más puertos no ajustables fuera de la zona de fluido correspondiente, como la zona de fluido 116. Dependiendo de una variedad de factores, incluyendo la función del dispositivo REC 104 en una aplicación particular, los puertos ajustables 120 y 124 pueden ser de tipos opuestos, es decir, un puerto de entrada y un puerto de salida, o pueden ser del mismo tipo, es decir, ambos son puertos de entrada o ambos son puertos de salida. En otras realizaciones, un dispositivo REC de la presente divulgación puede tener más o menos de dos puertos ajustables. Además, aunque no se muestra en la FIG. 1, un dispositivo REC de la presente divulgación también puede incluir uno o más puertos no ajustables.

35 Cada puerto ajustable 120 y 124 se ajusta mediante el uso de uno o más mecanismos de ajuste 132 y 136, respectivamente. Los ejemplos de mecanismos de ajuste adecuados para su uso como mecanismos de ajuste 132 y 136 incluyen, pero no se limitan a, correderas circunferenciales, correderas helicoidales, anillos rotativos, placas giratorias, cuñas móviles y cualquier accionador necesario (p. ej., motores eléctricos, accionadores hidráulicos, accionadores neumáticos, motores lineales, etc.), cualquier transmisión necesaria (por ejemplo, tornillos sin fin, mecanismo de cremallera, etc.), y cualquier componente necesario para soportar tales dispositivos. Después de leer toda esta divulgación, incluidos los ejemplos detallados que se describen a continuación, los expertos en la materia podrán fácilmente seleccionar, diseñar e implementar un mecanismo de ajuste adecuado para cualquier puerto ajustable dado hecho de acuerdo con la presente invención. El sistema de dispositivo REC 100 incluye además uno o más controladores, aquí un solo controlador 140, que pueden diseñarse y configurarse para controlar la posición angular y/o el tamaño del área de flujo de los puertos ajustables 120 y 124. Tal y como se describirá en mayor detalle más adelante, el controlador o controladores, como el controlador 140, se puede diseñar y configurar para ajustar uno cualquiera o más puertos ajustables, como puertos ajustables 120 y 124, para controlar uno o más parámetros operativos independientemente de una pluralidad de otros parámetros operativos. Como apreciarán fácilmente los expertos en la materia, el sistema del dispositivo REC 100 también puede incluir uno o más sensores 142. Por ejemplo, se pueden utilizar uno o más sensores 142 en conexión con el controlador 140 y uno o ambos mecanismos 132 y 136 para controlar uno o más parámetros, por ejemplo, una posición de los mecanismos, una temperatura, presión o caudal másico del fluido de trabajo F en una o más ubicaciones, y la velocidad de rotación de uno o más componentes rotativos, así como una variedad de otros parámetros.

55 En algunas realizaciones, el dispositivo REC 104 puede ser completamente reversible de modo que el componente rotativo interno 112 pueda girar en cualquier dirección, como lo indica la flecha R. La dirección del flujo de fluido de trabajo F también puede ser reversible, de modo que el puerto ajustable 120 o 124 puede ser un puerto de entrada de fluido de trabajo y el otro puerto puede ser un puerto de salida de fluido de trabajo. Además, en algunas realizaciones, la dirección del flujo puede invertirse sin cambiar la dirección de rotación del componente rotativo interno 112. Tal y como se ha mencionado anteriormente, en realizaciones alternativas, el dispositivo puede tener puertos adicionales, por ejemplo, el dispositivo puede tener dos o más puertos de entrada y dos o más puertos de salida, y uno o más de los puertos pueden ser ajustables. Cuando se ajusta la posición angular y/o el tamaño de un puerto de entrada de fluido de trabajo, el arco de acceso al puerto de entrada puede cambiar, lo que puede cambiar una masa de fluido de trabajo que ingresa a los volúmenes de fluido. Además, ajustar el puerto de entrada puede cambiar el arco sobre el cual los volúmenes de fluido no tienen acceso a un puerto, también llamado arco de inaccesibilidad. Cambiar la ubicación circunferencial y el tamaño de un arco de inaccesibilidad puede alterar el porcentaje de cambio en el volumen del fluido de trabajo. Además, ajustar la posición angular y/o el tamaño del puerto de salida del fluido de trabajo también puede cambiar la ubicación circunferencial y el tamaño de un arco de inaccesibilidad. Como se describe más detalladamente a continuación, controlando algunos o todos los puertos de entrada y puertos de salida, uno cualquiera

de una pluralidad de parámetros operativos puede controlarse de manera repetible y predecible de manera eficiente energéticamente, independientemente de los otros parámetros operativos.

5 En la realización ilustrada, el dispositivo REC 104 está configurado para comprimir o descomprimir un fluido compresible a una presión deseada mientras está en un volumen o cámara aislados, por ejemplo, dentro de la pluralidad de volúmenes en la zona de fluido 116, antes de expulsarse de dicha cámara. La pluralidad de volúmenes también puede pasar a un volumen cero o sustancialmente cero al comienzo y al final de cada ciclo, lo que puede maximizar la eficiencia del dispositivo. La transición a un volumen sustancialmente cero puede aumentar la eficiencia al garantizar que cada uno de la pluralidad de volúmenes comience y termine sin remanente del fluido de trabajo F. 10 Esto contrasta con permitir que el fluido de trabajo F que ha alcanzado la presión de escape se retenga en el cámara y se le permite volver a la presión de admisión de manera incontrolada.

Con referencia ahora a la FIG. 2A-2C, estas figuras ilustran una realización ejemplar específica de un dispositivo REC tipo paleta 200 que tiene dos puertos ajustables 202 y 206, que se describen más detalladamente a continuación. 15 Como se muestra en la FIG. 2A-2C, el dispositivo REC 200 incluye un rotor 210 dispuesto rotativamente dentro de un conjunto de dos correderas helicoidales 212 y 216 y una cuña 220. Como se entenderá fácilmente, el rotor 210 corresponde al componente rotativo interno 112 de la FIG. 1, y el conjunto de correderas helicoidales 212 y 216 y la cuña 220 pueden corresponder a uno o más del componente rotativo externo 108 y los mecanismos 132 y 136 de la FIG. 1. Las correderas 212 y 216 definen parcialmente los puertos de fluido 202 y 206, y las correderas 212 y 216 y el rotor 210 definen una zona de fluido 224 entre medias. La zona de fluido 224 está compuesta por una pluralidad de volúmenes de fluido 226 (solo dos de los cuales están etiquetados para evitar el desorden) y está configurada para recibir un fluido de trabajo (no mostrado) durante el uso. Los volúmenes de fluido 226 están definidos por una pluralidad de paletas 228 (solo dos de las cuales están etiquetadas para evitar el desorden) que están dispuestas de forma deslizante dentro de una superficie circunferencial externa del rotor 210. La pluralidad de paletas 228 están 25 configuradas para deslizarse radialmente hacia adentro y hacia afuera a medida que el rotor 210 gira de modo que las paletas permanezcan en contacto con las correderas 212 y 216 a lo largo de la rotación del rotor. Si el rotor 210 gira en el sentido de las agujas del reloj como lo muestra la flecha R, una rotación de 360° del rotor incluye un arco de expansión 230 y un arco de contracción 232. En la realización ilustrada, uno de la pluralidad de volúmenes 226 aumenta de tamaño a medida que viaja a través del arco de expansión 230 y disminuye de tamaño a medida que viaja a través del arco de contracción 232. 30

En la realización mostrada, el dispositivo REC tipo paleta 200 tiene dos puertos ajustables 202 y 206, con el puerto 202 como puerto de admisión y el puerto 206 como puerto de escape. Los puertos 202 y 206 se definen y se ajustan mediante correderas ajustables 212 y 216 y cuña 220. El puerto de admisión 202 se define por la corredera ajustable 35 212 (corredera de admisión) y la cuña 220. De manera similar, el puerto de escape 206 está definido por la corredera ajustable 216 (corredera de escape) y la cuña 220. En la realización ilustrada, la corredera de admisión 212, la corredera de escape 218 y la cuña 220 forman una hélice. En algunas realizaciones, la cuña 220 puede alejarse del rotor 210 radialmente para unir los dos puertos que separa la cuña, por ejemplo, puertos 202 y 206. La cuña 220 también se puede mover circunferencialmente para cambiar las ubicaciones de los puertos 202 y 206. Además, las correderas 212 y 216 pueden moverse ambas circunferencialmente para aumentar o disminuir las extensiones circunferenciales, o tamaños, de los respectivos puertos 202 y 206, lo que cambiará el arco de acceso de la zona de fluido 224 a esos puertos. En algunas realizaciones, una o más de las correderas circunferenciales 212 y 216 pueden girarse 180° o más para proporcionar más de 90° de acceso a uno o más puertos 202 y 206 específicos. Las correderas 212 y 216 también se pueden girar una contra la otra, de tal manera que los puertos 202 y 206 se unan. 45

En la realización ilustrada, la cuña 220 puede ajustarse para aumentar o disminuir independientemente la extensión circunferencial de los puertos 202 y 206 moviendo la cuña 220 radialmente para unir/dividir los puertos o circunferencialmente para cambiar el tamaño de los puertos. En la realización ilustrada, la cuña 220 divide los puertos, que tienen un arco constante entre ellos, los puertos definidos al colocarse circunferencialmente entre dos correderas 50 en la hélice de corredera correspondiente, mientras que las correderas pueden usarse para proporcionar variabilidad sobre el arco intermedio entre dos puertos y se definen como colocadas en los extremos de cada hélice de corredera como se muestra en el estado 250 en la FIG. 2B, que es una vista isométrica de la FIG. 2A y en el mismo estado que el estado 260. En algunas realizaciones, cada cuña 220 puede ser reemplazada por dos correderas circunferenciales, por ejemplo, una hélice se puede dividir en dos hélices, como se ilustra en las FIGS. 3A-C (analizado más detalladamente a continuación). En algunas realizaciones, dos correderas también se pueden reemplazar por una cuña simple (no se muestra), y se pueden consolidar dos hélices de corredera, por ejemplo, si es deseable que uno o más de los puertos 202 y 206 se dividan por una cuña para permanecer en un espacio relativo constante como en el dispositivo REC 200. Aunque la descripción anterior de las correderas ajustables 212 y 216 describe que las correderas tienen un movimiento circunferencial infinito, las implementaciones alternativas pueden restringir los movimientos de algunas o todas las correderas. 60

En la realización descrita en la FIG. 2A-C, la cuña 220 se muestra en una posición que divide dos puertos 202 y 206 donde un volumen de fluido 226 tendrá un volumen cero o sustancialmente cero. Por tanto, un volumen de fluido 226 pasará a través de un arco de volumen cero cuando pase por la cuña 220. En la realización ilustrada, la superficie interna de la cuña 220 y la superficie externa del rotor 210 tienen formas complementarias en la ubicación de volumen 65 cero, de modo que prácticamente no hay huecos donde un fluido de trabajo F pueda quedar atrapado. Esto asegura

que el fluido de trabajo F esté completamente agotado, lo que evita que el fluido recircule a través del dispositivo REC 200, lo que hace que el dispositivo sea más eficiente en volumen. Esto también evita que los fluidos que tienen diferentes presiones y/o temperaturas se mezclen de manera incontrolada, aumentando así la eficiencia energética del dispositivo REC 200. Esta funcionalidad puede ser reemplazada por dos correderas circunferenciales como se indicó anteriormente.

De la ecuación de gas ideal ($pV=nRT$) de termodinámica, se sabe que la presión y la temperatura de un fluido compresible aumentarán o disminuirán de manera repetible y predecible cuando su volumen disminuya o aumente respectivamente y cuando no se agregue o elimine energía adicional del fluido. También se sabe que, este cambio de presión y temperatura resultante será una función de la presión inicial, temperatura inicial y el porcentaje de cambio en el volumen (ya sea positivo o negativo), siempre que no se agregue o elimine calor del sistema, y no haya reacciones químicas o nucleares que cambien la temperatura del fluido. De ello se deduce que, si se va a aumentar el cambio deseado en la presión y/o temperatura, el cambio en el volumen debe aumentarse, y que si el cambio deseado en la presión y/o temperatura se va a disminuir, el cambio en el volumen debe disminuirse.

Con este entendimiento, se puede ver que al ajustar el tamaño y/o la posición angular de uno o más puertos, por ejemplo, puertos 202 y 206, se controlan las ubicaciones del comienzo y el final de cada arco de acceso desde los uno o más puertos a la zona de fluido 224 (y, por lo tanto, los arcos resultantes de inaccesibilidad a cualquier puerto), controlando de ese modo: a) el cambio en el volumen de cada volumen de fluido 226 a medida que pasa a través de cada arco de acceso y, por lo tanto, cuánto fluido se transmite hacia y desde cada volumen de fluido 226 en dicho arco; y b) el cambio en el volumen de cada volumen de fluido 226 a medida que pasa a través de cada arco de inaccesibilidad, y por lo tanto la presión del fluido compresible en el volumen de fluido 226 justo antes de un puerto, por ejemplo, el puerto 206 con acceso a él. De esta forma, la presión y la temperatura de escape proporcionadas por el dispositivo 200 pueden cambiarse de forma repetible y previsible cambiando el tamaño y la extensión circunferencial de un puerto de escape, por ejemplo, puerto 206, sin un cambio en la presión de admisión, temperatura de admisión, velocidad de rotación de los componentes rotativos, por ejemplo, rotor 210, o el caudal de masa de fluido de trabajo resultante.

A diferencia de ajustar el puerto de escape, tal y como se ha descrito anteriormente, cambiar la posición angular y la extensión circunferencial del puerto de admisión, por ejemplo, puerto 202, también cambia el volumen de fluido que es absorbido por el dispositivo 200 por rotación del rotor 210 y, por lo tanto, el flujo de fluido en masa resultante por rotación. De esta forma, la presión de escape, temperatura de escape, y el caudal másico del fluido pueden cambiarse de forma repetible y previsible cambiando el tamaño y la extensión circunferencial del puerto de admisión, pero sin cambiar la presión de admisión, temperatura de admisión, o la velocidad de rotación de los componentes rotativos.

Se ve además que cuando la presión de escape, la temperatura y el caudal másico del fluido de trabajo cambian como resultado del ajuste del puerto de admisión, por ejemplo, puerto 202, tal como ajustando la extensión circunferencial o la posición angular del puerto, esos parámetros no se pueden cambiar de forma independiente solo ajustando el puerto de admisión. Sin embargo, ya que un cambio en el puerto de escape cambiará solo la presión y la temperatura de escape, pero no el caudal másico del fluido de trabajo, el puerto de escape se puede ajustar para mantener constante la presión y la temperatura de escape cuando el puerto de admisión se ajusta para proporcionar el caudal másico del fluido de trabajo deseado, pero de lo contrario cambiaría dicha presión y temperatura de escape. Por tanto, cambiando el tamaño y la extensión circunferencial de los puertos de admisión y escape, el caudal másico del fluido de trabajo puede modificarse de forma repetible y previsible sin requerir un cambio en la presión de admisión, temperatura de admisión, la velocidad de rotación de los componentes rotativos, presión de escape o temperatura de escape.

El caudal másico del fluido de trabajo también puede incrementarse aumentando la velocidad de rotación de los componentes rotativos, y este aumento es aproximadamente proporcional, repetible y predecible. Sin embargo, debido a que el caudal másico del fluido de trabajo puede cambiarse independientemente de la velocidad de rotación según lo anterior, la velocidad de rotación de los componentes rotativos, por ejemplo, el rotor 210 y los puertos de admisión y escape puede ajustarse cambiando su tamaño y extensión circunferencial para que la velocidad de rotación de los componentes rotativos pueda cambiar sin requerir un cambio en la presión de admisión, temperatura de admisión, caudal másico del fluido de trabajo, presión de escape o temperatura de escape.

Asimismo, cambiar la presión de admisión de manera correspondiente cambia tanto la masa del fluido que está siendo absorbida por el dispositivo 200 como la presión de escape. Sin embargo, ya que el caudal másico del fluido de trabajo y la presión de escape pueden modificarse independientemente uno del otro e independientemente de la presión de admisión, los puertos de admisión y escape también se pueden ajustar de forma repetible y previsible cambiando su tamaño y extensión circunferencial para que la presión de admisión pueda cambiar sin requerir un cambio en la velocidad de rotación de los componentes rotativos, el caudal másico del fluido de trabajo o la presión de escape.

De forma similar, el cambio de la temperatura de admisión cambia de manera correspondiente la temperatura de escape, pero también cambia la masa del fluido que absorbe el dispositivo y, por lo tanto, el caudal másico del fluido de trabajo. También de manera similar, ya que tanto el caudal másico del fluido de trabajo como la temperatura de escape pueden modificarse independientemente uno del otro e independientemente de la temperatura de admisión,

los puertos de admisión y escape también pueden cambiarse de manera repetible y previsible cambiando su tamaño y extensión circunferencial para que la temperatura de admisión pueda cambiar sin requerir un cambio en la velocidad de rotación de los componentes rotativos, el caudal másico del fluido de trabajo o la temperatura de escape.

5 Además, ya que $pV = nRT$, la temperatura puede ser sustituida por presión y presión por temperatura en las dos declaraciones anteriores. Por tanto, los métodos anteriores se pueden usar para cambiar de forma repetible y predecible la presión de admisión sin requerir un cambio en la temperatura de escape, aunque la presión de escape cambiaría. De manera similar, los métodos anteriores se pueden usar de manera repetible y predecible para que la temperatura de admisión pueda cambiar sin requerir un cambio en la presión de escape, aunque la temperatura de escape cambiaría.

15 Mientras que el estado 260 muestra el dispositivo REC 200 con las correderas 212 y 216 colocadas de modo que la presión y la temperatura en el puerto 202 son más altas que la presión y la temperatura en el puerto 206 y, por lo tanto, funciona como un compresor, en el estado 270, las correderas 212 y 216 se reposicionan de modo que la presión y la temperatura en el puerto 206 sean más bajas que la presión y la temperatura en el puerto 202. Este reposicionamiento no requiere una inversión del caudal de fluido másico. En su lugar, la dirección del flujo másico puede permanecer igual y el fluido puede expandirse por la fuerza en lugar de comprimirse por la fuerza, en cuyo caso el dispositivo REC 200 estaría funcionando como un expansor.

20 Cuando se invierte la dirección de rotación del rotor 210, el flujo másico del fluido de trabajo también se invierte. Por ejemplo, si el sentido de rotación R se invierte cuando el dispositivo REC 200 está en el estado 260, el dispositivo REC 200 funcionaría como un expansor como se muestra en el estado 270. De manera similar, si el sentido de rotación R en el estado 270 se invierte, el dispositivo REC 200 funcionaría como un compresor. Por tanto, la combinación de correderas móviles y cuña(s) y un rotor reversible permite que el dispositivo REC 200 sea altamente flexible y configurable.

30 Las FIGS. 3A-3C ilustran otro dispositivo REC 300 que es similar al dispositivo REC 200 de las FIGS. 2A-2C porque tiene un rotor 310 dispuesto giratoriamente dentro de las correderas 312 y 316, y las correderas 312 y 316 definen parcialmente los puertos 302 y 306. Además, los respectivos nombres y funciones de las características 302, 306, 310, 312, 316, 324, 326, 328, 330, 332 y R en las FIGS. 3A-3C son idénticos a las características correspondientes 202, 206, 210, 212, 216, 224, 226, 228, 230, 232 y R en las FIGS. 2A-2C respectivamente, aunque sus formas y tamaños pueden diferir. Sin embargo, como se muestra en las FIGS. 3A-C, a diferencia de la cuña 220 en el dispositivo REC 200, el dispositivo REC 300 tiene efectivamente una cuña separada en forma de una segunda corredera de admisión 334 y una segunda corredera de escape 336, y en lugar de la hélice de una sola corredera (no etiquetada) en el dispositivo REC 200, el dispositivo REC 300 tiene una primera hélice de corredera 338 y una segunda hélice de corredera 340, mejor visto en la FIG. 3B, que es una vista isométrica de la FIG. 3A y en el mismo estado que 360. Al igual que con el dispositivo REC 200, el tamaño del puerto de admisión 302 y del puerto de escape 306 puede cambiarse independientemente uno del otro. Debido a que las correderas 334 y 336 pueden moverse independientemente una de la otra, las posiciones del puerto de admisión 302 y del puerto de escape 306 también pueden cambiarse independientemente entre sí y también pueden cambiarse cambiando la posición circunferencial de las cuatro correderas 312, 316, 334 y 336, por ejemplo, tal como se muestra en las FIGS. 3A y 3C, las correderas están en un primer estado 360 en la FIG. 3A y se pueden mover a un segundo estado 370 como se muestra en la FIG. 3C. Al hacer eso, la dirección de rotación R puede cambiarse sin cambiar la presión de admisión, temperatura de admisión, presión de escape, temperatura de escape, caudal másico del fluido de trabajo o velocidad de rotación de los componentes rotativos.

Este cambio en la dirección de rotación también podría lograrse mediante el uso de válvulas (no mostradas) en los puertos.

50 La FIG. 4 ilustra otro dispositivo REC 400 que es similar al dispositivo REC 300 mostrado en las FIGS. 3A-3C. En este sentido, los respectivos nombres y funciones de las características 410, 412, 416, 424, 426, 428, 430, 432, 434, 436 y R en la FIG. 4 son idénticas a las características correspondientes 310, 312, 316, 324, 326, 328, 330, 332, 334, 336 y R en las FIGS. 3A-3C, respectivamente, aunque sus formas y tamaños pueden diferir. La FIG. 4 muestra cómo el dispositivo REC 400 tiene una adición adicional de una primera cuña 442 que puede dividir lo que era un único puerto de admisión 302 en el dispositivo REC 300 en un primer puerto de admisión 444 y un segundo puerto de admisión 446. El dispositivo REC 400 también tiene una segunda cuña 448 que puede dividir lo que era un único puerto de escape 306 en el dispositivo REC 300 en un primer puerto de escape 452 y un segundo puerto de escape 454. Estas cuñas 442 y 448 funcionan de manera similar pero diferente a la cuña 220, y, en la realización ilustrada, tienen una forma diferente. Ambas cuñas 442 y 448 separan dos puertos mediante un arco circunferencial fijo, sin embargo, a diferencia de la cuña 220, las cuñas 442 y 448 separan los dos puertos de admisión 444 y 446 entre sí y los dos puertos de escape 452 y 454 entre sí. Cada cuña 442 y 448 puede moverse circunferencialmente alrededor de su hélice para cambiar el tamaño y la ubicación de los puertos 444, 446, 452 y 454, y radialmente para unir los puertos que separa cada cuña 442 y 448, y cada una de estas acciones puede ser realizada independientemente de todas las demás acciones.

65 En la realización ilustrada, la cuña 448 adicional tiene el tamaño para que, a medida que los componentes rotativos

giran más allá de la cuña 448, no hay un punto en el que los puertos 452 y 454 que separa estén conectados a través de los volúmenes de fluido 426, pero dicho volumen de fluido 426 no se desconectará de ambos puertos de escape 452 y 454 al mismo tiempo por la cuña 448. Dado que, en la realización ilustrada, el volumen de fluido en los volúmenes de fluido 426 no cambia entre los dos puertos de escape 452 y 454, no hay diferencia en presión o temperatura en los dos puertos de escape 452 y 454. De esta forma, los dos puertos de escape 452 y 454 pueden tener la misma temperatura y presión de escape, y pueden tener un caudal másico del fluido de trabajo combinado igual al de un solo puerto de escape 306 en el dispositivo REC 300 sin cuña 448. En realizaciones alternativas, los puertos 452 y 454 pueden dividirse aún más varias veces con cuñas adicionales para dividir aún más lo que de otro modo sería un solo puerto, como el único puerto de escape 306. Asimismo, la cuña 448 y cualquier cuña adicional (no mostrada) agregada para dividir aún más el puerto de escape se pueden mover para cambiar la proporción del flujo másico del fluido de trabajo que se expulsa a cada puerto de escape, y estas proporciones se pueden cambiar independientemente de la presión de escape, temperatura de escape, presión de admisión, temperatura de admisión, velocidad de rotación de los componentes rotativos, sentido de rotación R, y caudal másico del fluido de trabajo combinado. Esto se puede combinar con la capacidad de cambiar el caudal másico del fluido de trabajo general como se describió anteriormente para cambiar de manera repetible y predecible los tamaños de los puertos de admisión y escape y las extensiones circunferenciales para cambiar el caudal másico del fluido de trabajo de cualquier puerto de escape, por ejemplo, puertos 452 y 454, y en cualquier combinación independiente del caudal másico del fluido de trabajo de cualquier otro puerto de escape 452, 454, presión de admisión, temperatura de admisión, velocidad de rotación de los componentes rotativos, sentido de rotación R, temperaturas de escape idénticas y presiones de escape idénticas.

Al igual que con la cuña 448, la cuña 442 adicional tiene el tamaño para que, a medida que los componentes rotativos giran más allá de la cuña 442, no hay un punto en el que los puertos 444 y 446 estén conectados a través de los volúmenes de fluido 426 definidos por los cuerpos rotativos, pero dichos volúmenes de fluido 426 no se desconectarán de ambos puertos de admisión 444 y 446 al mismo tiempo por la cuña 442. Dado que, en la realización ilustrada, el volumen del fluido en los volúmenes de fluido 426 no cambia entre los dos puertos de admisión 444 y 446, no hay cambio en la presión o temperatura en los dos puertos de admisión 444 y 446 inducidas por el dispositivo REC 400. Como se trata a continuación, las composiciones de fluido del puerto de admisión, presiones y temperaturas pueden ser idénticas (el "primer caso" se describe a continuación), y pueden ser diferentes (el "segundo caso" descrito a continuación).

En el primer caso, hay dos puertos de admisión 444 y 446 con la misma temperatura y presión de admisión, y con un caudal másico de fluido de trabajo combinado equivalente al de un solo puerto de admisión 302 sin cuña 442, y estos puertos de admisión 444 y 446 pueden dividirse aún más en múltiples veces para dividir aún más lo que era el puerto de admisión 302. Asimismo, la cuña 442 y cualquier cuña adicional (no mostrada) agregada para dividir aún más lo que era el puerto de admisión 302 se puede mover para cambiar la proporción del caudal másico del fluido de trabajo que se introduce en cada puerto de admisión 444, 446 y (no se muestra), y estas proporciones pueden modificarse independientemente de la presión de admisión, temperatura de admisión, presión de escape, temperatura de escape, velocidad de rotación de los componentes rotativos, sentido de rotación R, y caudal másico del fluido de trabajo combinado. Esto se puede combinar con la capacidad de cambiar el caudal másico del fluido de trabajo general como se describió anteriormente para cambiar de manera repetible y predecible los tamaños de los puertos de admisión y escape y las extensiones circunferenciales para cambiar el caudal másico del fluido de trabajo en cualquiera de los puertos de admisión 444, 446 y (no se muestra) en cualquier combinación independiente del caudal másico del fluido de trabajo en cualquier otro puerto de admisión 444, 446 y (no se muestra), presiones de admisión idénticas, temperaturas de admisión idénticas, velocidad de rotación de los componentes rotativos, sentido de rotación R, temperatura de escape o presión de escape. Cuando se combina adicionalmente con la división del puerto de escape 306 como se describió anteriormente, los tamaños de los puertos de admisión y escape y las extensiones circunferenciales se pueden cambiar para cambiar de manera repetible y predecible el caudal másico del fluido de trabajo de dos o más puertos (admisión y/o escape) 444, 446, 452, 454 independientemente de los caudales másicos del fluido de trabajo de los puertos restantes 444, 446, 452, 454 e independientes de las presiones de admisión idénticas, temperaturas de admisión idénticas, presiones de escape idénticas, temperaturas de escape idénticas, velocidad de rotación de los componentes rotativos y sentido de rotación R.

En el segundo caso, hay dos puertos de admisión 444 y 446 con diferentes temperaturas y/o presiones de admisión, y con un caudal másico del fluido de trabajo combinado no equivalente al de un único puerto de admisión 302 sin cuña 442, y estos puertos de admisión 444 y 446 pueden estar más divididos varias veces para dividir aún más lo que era el puerto de admisión 302. A diferencia del primer caso, el fluido en los volúmenes de fluido 426 con presiones y temperaturas de los anteriores puertos de admisión 444, 446 y (no se muestra) se expandirá o contraerá a la presión del siguiente puerto de admisión 444, 446 o (no se muestra) a medida que obtiene acceso a ese puerto de admisión 444, 446 o (no se muestra). Por lo tanto, el último puerto de admisión que tenga acceso a cada volumen de fluido 426 tendrá un control completo del equivalente de la presión del puerto de admisión, y la proporción de fluido restante en el volumen de fluido 426 desde cada puerto de admisión 444, 446 y (no se muestra) es una función de la composición de fluido de cada puerto de admisión, presión y temperatura en relación con el resto, el orden de acceso al puerto, así como el cambio en el volumen del volumen de fluido 426 mientras tiene acceso a cada puerto de admisión 444, 446 y (no se muestra). Como los fluidos con diferentes temperaturas se mezclan con y sin el volumen de fluido 426, sus temperaturas pueden igualarse a una nueva temperatura basada en sus temperaturas iniciales y masas térmicas, y esta temperatura de puerto de admisión equivalente será una función de las temperaturas y masas térmicas de los

fluidos en todos los puertos de admisión, así como cualquier reacción química. Con esta suposición, todavía hay una presión de puerto de admisión equivalente única y una temperatura de puerto de admisión equivalente única que aún pueden cambiarse de manera repetible y predecible independientemente de la presión de escape, temperatura de escape, caudal másico total del fluido de trabajo, sentido de rotación R y velocidad de rotación de los componentes rotativos como se describió anteriormente. Además, los tamaños de los puertos de admisión y escape y las extensiones circunferenciales pueden cambiarse para cambiar de manera repetible y predecible el caudal másico del fluido de trabajo de dos o más puertos (admisión y/o escape) 444, 446, 452, 454, independiente del caudal másico del fluido de trabajo de los puertos restantes 444, 446, 452, 454 e independiente de la presión de admisión equivalente, temperatura de admisión equivalente, presiones de escape idénticas, temperaturas de escape idénticas, sentido de rotación R, y velocidad de rotación de los componentes rotativos. La ecuación de gas ideal ($pV=nRT$), combinada con diferentes presiones de admisión y/o la mezcla de múltiples fluidos con diferentes temperaturas iniciales y la capacidad de controlar el caudal másico del fluido de trabajo de cada puerto de admisión 444, 446 puede usarse para controlar de manera repetible y predecible la temperatura de admisión equivalente, y de forma independiente del caudal másico total del fluido de trabajo, caudales másicos del fluido de trabajo de escape individual, la presión de admisión equivalente, presiones de escape idénticas, temperaturas de escape idénticas, sentido de rotación R, y velocidades de rotación de componentes rotativos. A su vez, este control permite cambiar los tamaños de los puertos de admisión y escape y las extensiones circunferenciales para que la temperatura de cada puerto de admisión 444, 446 pueda cambiar de forma repetible y predecible independientemente de la temperatura de cada otro puerto de admisión 444, 446 e independiente de la presión de cada puerto de admisión, las presiones de escape idénticas, las temperaturas de escape idénticas, caudal másico del fluido de trabajo de cada puerto de escape, sentido de rotación R, y velocidad de rotación de los componentes rotativos.

Sin embargo, permitir que el fluido compresible en los diversos puertos de admisión iguale las presiones a medida que sus volúmenes están conectados es menos eficiente energéticamente en comparación con el uso del dispositivo para igualar sus presiones antes de conectarse. La FIG. 5 muestra un dispositivo REC 500 que es similar al REC 400 mostrado en la FIG. 4. De hecho, los respectivos nombres y funciones de las características 510, 512, 516, 524, 526, 528, 530, 532, 534, 536, 544, 546, 552, 554 y R en la FIG. 5 son idénticas a las características correspondientes 410, 412, 416, 424, 426, 428, 430, 432, 434, 436, 444, 446, 452, 454 y R en la FIG. 4 respectivamente, aunque sus formas y tamaños pueden diferir. Como se describió anteriormente, una sola cuña 442, 448 o (no se muestra) se puede reemplazar dividiendo la hélice de corredera de la cuña (no etiquetada) en dos hélices de corredera y dos correderas adicionales 556, 558, 562, 564 en lugar de dos cuñas, por ejemplo, cuñas 442, 448 en el dispositivo REC 400. Con todos los puertos 544, 546, 552, 554, circunferencialmente limitados por las correderas 512, 516, 534, 536, 556, 558, 562, 564, los tamaños y extensiones circunferenciales de todos los puertos 544, 546, 552, 554, pueden ser cambiados independientemente de todos los demás, sus ubicaciones pueden cambiarse, e incluso pueden combinarse, eliminando así la suposición de que no hay cambio de presión inducido por el dispositivo REC 500 entre ninguno de los puertos 544, 546, 552, 554. Como resultado, los tamaños de los puertos y las extensiones circunferenciales pueden cambiarse para que las presiones y temperaturas de los múltiples puertos de escape puedan hacerse diferentes de manera repetible, previsible e independiente, así como las diferentes presiones y temperaturas de los múltiples puertos de admisión pueden acomodarse de manera repetible y predecible sin las pérdidas incurridas como en el dispositivo REC 400, y todo independiente del caudal másico del fluido de trabajo de cada puerto, sentido de rotación R, y velocidad de rotación de los componentes rotativos.

Como Trabajo es igual al par multiplicado por la rotación angular: $dW=r*d\theta$, dividir ambos lados de la ecuación por el tiempo da como resultado una Potencia igual al par multiplicado por la velocidad de rotación: $dW/dt=P=r*\omega$. De la termodinámica, $W=(p_2V_2-p_1V_1)/(1-n)$, y por lo tanto $(p_2V_2-P_1V_1)/(1-n)*(d/dt) = P = r*\omega$.

La tasa de cambio en el volumen de los volúmenes de fluido por rotación de componente(s) rotativo(s) puede aumentarse cambiando solo el caudal másico del fluido de trabajo para, hacer que el par sea una función de la diferencia de presión a través de los puertos de admisión 202, 302, 444, 446, 544 y 546, por ejemplo, y puertos de escape 206, 306, 452, 454, 552 y 554, por ejemplo, y el caudal másico del fluido de trabajo. Debido a que todas las presiones de puerto pueden cambiarse independientemente como se describió anteriormente, un cambio en una o más presiones del puerto dará como resultado un cambio en el diferencial de presión entre el (los) puerto(s) de admisión y el (los) puerto(s) de escape. Por lo tanto, uno o más tamaños de puertos y extensiones circunferenciales pueden cambiarse para cambiar de manera repetible y predecible el diferencial de presión, el caudal másico del fluido de trabajo, o ambos, para cambiar el par, independiente del sentido de rotación R y la velocidad de rotación de los componentes rotativos.

La potencia es una función de la diferencia de presión a través de los puertos de admisión 202, 302, 444, 446, 544 y 546, por ejemplo, y puertos de escape 206, 306, 452, 454, 552 y 554, por ejemplo, el caudal másico del fluido de trabajo y la velocidad de rotación de los componentes rotativos. Debido a esto, los tamaños de los puertos y las extensiones circunferenciales pueden cambiarse para cambiar de manera repetible y predecible el diferencial de presión, el caudal másico del fluido de trabajo, velocidad de rotación de los componentes rotativos, o cualquier combinación de los mismos, para cambiar la potencia independientemente del sentido de rotación R.

Mientras que se entiende que un compresor o expansor como se describe en los ejemplos anteriores transfiere el par y la potencia de un cuerpo rotativo a un fluido compresible, se entiende que un motor como se describe en este

documento hace lo contrario: transfiere el par y la potencia de un fluido compresible a un cuerpo rotativo. Los dispositivos REC pueden usarse como compresor/expansor y como motor con una inversión del flujo y el sentido de rotación. Sin embargo, dado que el sentido de rotación puede hacerse independiente para dispositivos REC, pueden usarse como motor sin la inversión de dirección requerida.

5 A diferencia de los compresores neumáticos y motores convencionales, los dispositivos REC no necesitan estar diseñados con una cierta presión, velocidad de rotación R, sentido de rotación de los componentes rotativos, o caudal másico del fluido de trabajo para operar con alta eficiencia, y puede cambiar los cuatro independientemente uno del otro como se describió anteriormente. Por lo tanto, una transmisión eficiente de velocidad variable puede construirse con uno o más dispositivos REC. Se toma, como un ejemplo, una transmisión 600 en un automóvil con tracción total, ilustrado esquemáticamente en la FIG. 6. Un motor 602 típicamente funcionará con una eficiencia óptima para una determinada curva de potencia frente a velocidad de rotación. Un dispositivo REC que actúa como un compresor 604 está unido rotacionalmente R al motor de salida 602 y puede compensar la potencia variable y la velocidad de rotación para proporcionar un fluido de trabajo F a la presión deseada a otro REC que actúa como un motor 606 en cada rueda 608 del coche. Este fluido de trabajo presurizado F puede provenir de un único puerto de escape común (no etiquetado) como se muestra en la FIG. 6 o puede provenir de múltiples puertos de escape, y las presiones del puerto de escape del compresor pueden variar con el tiempo, dependiendo de los deseos del diseñador. Cada motor 606 usa independientemente tanto fluido de trabajo comprimido F como sea necesario para proporcionar tanta potencia como se desee en cada rueda 608. Cada rueda 608 puede estar conectada rotacionalmente R a cada motor directamente o por transmisión fija o variable 610, que si es variable, puede controlarse por separado para cada rueda 608. Debido a que el compresor 604 y los motores 606 pueden detener efectivamente el bombeo sin afectar a la velocidad de rotación del motor, y pueden controlarse independientemente para que coincidan con una velocidad de rotación de transmisión de rueda 610 diferente antes de que se active, no se requiere un sistema de embrague.

25 Como una rueda 608 requiere más potencia, el motor de la rueda 606 aumenta su caudal másico del fluido de trabajo. Esto puede compensarse total o parcialmente por el compresor 604, colocando mayores demandas de potencia en el motor 602. Si el caudal másico del fluido de trabajo a través del compresor 604 no coincide con el flujo de fluido combinado a través de todos los motores 606, la presión del fluido de trabajo comprimido cambiará, que tanto el compresor 604 como los motores 606 pueden compensar sin pérdida de eficiencia. Si un primer o más depósitos 613 también están conectados a la(s) salida(s) del compresor 604, ralentizará este cambio de presión, proporcionando efectivamente una batería o un refuerzo para cuando el motor 602 no puede seguir el ritmo de las demandas de potencia de los motores de rueda 606.

35 Si el automovilista frena, los dispositivos REC que actúan como motores 606 pueden cambiar de función para actuar como compresores, invertir el caudal másico del fluido de trabajo mientras se mantiene su sentido de rotación, aumentando así la presión y la masa de fluido dentro del(os) depósito(s) de alta presión 613 mientras se reduce la velocidad del automóvil y, por lo tanto, actúa como un sistema de frenado regenerativo y elimina la necesidad de un sistema de frenado basado en la fricción. En general, esto implicaría que el compresor 604 conectado al motor 602 mantendría el depósito 613 a una presión inferior a su presión nominal, de modo que los frenos de regeneración podrían aumentar la presión del fluido en el depósito 613 sin exceder su capacidad o requerir una válvula de alivio de presión (no mostrada), aunque tal válvula sería deseable para circunstancias extremas. Sin embargo, el compresor 604 podría mantener la presión del depósito según una fórmula basada en la presión máxima menos la presión que se espera ganar al detener el vehículo, dada la velocidad y peso actual del vehículo. Se podrían agregar varias variables adicionales a esta fórmula dependiendo de la eficiencia deseada, el rendimiento, la capacidad del depósito, nivel de pendiente, etc.

50 El alternador 614 podría estar conectado rotacionalmente directamente al motor 602, pero cualquier ventilador, compresores de aire acondicionado, limpiaparabrisas y/u otros dispositivos con motor 616 que anteriormente usaban un motor eléctrico podrían usar un dispositivo REC configurado como motor 617 en su lugar, todos arrancados del mismo o diferente compresor 604 y depósito 613. Finalmente, si se usa una válvula 618 para retener la presión en los depósitos de alta presión 613, el dispositivo REC 604 del motor podría utilizarse como motor 604 para arrancar el motor 602, eliminando la necesidad de un motor de arranque.

55 El uso de un sistema de circuito cerrado de fluido F con un fluido de trabajo seco como nitrógeno seco y un depósito de fluido de trabajo de baja presión 619 aumentaría la eficiencia, ya que aislaría térmicamente los lados de alta y baja presión de dicho circuito cerrado F.

60 Se podría usar un sistema similar en un tren, con mangueras de conexión rápida que unen todos los vagones de tren y motores 606 en cada par de ruedas o en cada plataforma rodante de cada vagón, y con múltiples compresores 604 conectados a múltiples motores 602 en vagones de motores múltiples. Debido a que los vagones no se empujarían o tirarían entre sí, el tren podría construirse más liviano y podría girar a través de curvas mucho más estrechas porque los vagones no serían empujados o sacados de las vías.

65 Se podría usar un sistema similar como sistema de distribución de energía, conectando las conexiones de fluido muchos dispositivos REC que actúan como compresores y/o motores, con ubicaciones físicas de dichos dispositivos REC uno al lado del otro, o hasta a miles de millas de distancia.

En su descripción más simple, un motor de turbina es un compresor y un motor con una velocidad de rotación vinculada y con una cámara de combustión entre el escape del compresor y la admisión del motor. El compresor es accionado rotativamente por el motor, con la cámara de combustión aumentando la temperatura del fluido de trabajo desde que sale del compresor hasta que entra en el motor neumático, proporcionando así un volumen mayor de fluido de trabajo a la misma presión para el motor que fue proporcionado por el compresor; y, por lo tanto, proporciona más potencia generada por el motor que la requerida por el compresor. Tal y como se muestra en la figura 7, se puede usar el mismo modelo para fabricar un motor 700 usando los dispositivos REC utilizados como compresores 704 y motores 705, y las siguientes modificaciones podrían producir los beneficios asociados.

Por ejemplo, debido a que el caudal de fluido tanto del compresor 704 como del motor 705 puede controlarse sin las pérdidas inducidas por el uso de un limitador de flujo o similar, la potencia proporcionada por el motor se puede controlar sin una pérdida correspondiente de eficiencia.

En lugar de tener un compresor de transmisión separado conectado al motor 700, se podría usar un puerto de escape separado del compresor 704 del motor para suministrar fluido de trabajo presurizado a cualquier motor 706 para otros dispositivos motorizados 708 que no necesariamente giren al mismo ritmo que el motor 700 (como las ruedas del automóvil como se describió anteriormente). Una opción aún más eficiente podría ser tener estos motores 706 accionados directamente por el escape de las cámaras de combustión 709, 711 y/o la cámara de mezcla 712.

El aire de un depósito de alta presión 713 controlado por una válvula 718 podría ser alimentado directamente al motor 705 para arrancar el motor 700, eliminando la necesidad de un motor de arranque eléctrico y reduciendo significativamente el consumo máximo de energía de cualquier batería eléctrica. Como alternativa, la(s) cámara(s) de combustión 709, 711 podrían estar equipadas con un detonador, para que el motor pueda arrancar directamente por combustión desde un punto muerto y no requiera ninguna rotación inicial.

Debido a que tanto el compresor 704 como el motor 705 pueden diseñarse y utilizarse para poder ajustarse a sus propias presiones de admisión y escape, no hay pérdida por el fluido sobrepresurizado que ingresa a la(s) cámara(s) de combustión 709 y 711, ni una pérdida similar del fluido sobrepresurizado que sale del escape del motor 705, lo que proporciona la capacidad de retener una eficiencia óptima al tiempo que ofrece una salida de potencia variable y elimina la necesidad de un silenciador de sonido de escape.

Debido a que la presión de la(s) cámara(s) de combustión 709 y 711 puede ser controlada por el motor, su temperatura también se puede controlar, permitiendo una combustión similar a un motor diésel y eliminando la necesidad de bujías, solenoides y sus controles asociados.

Al igual que con un motor multicilindro, múltiples compresores 704 y motores 705 podrían estar unidos a la misma o múltiples cámaras de combustión 709 y 711. Esto permitiría eficiencias de cantidad y escala, además de permitir que se use el mismo dispositivo REC base en diferentes cantidades para diferentes aplicaciones con diferentes requisitos de potencia. Esto también podría permitir los beneficios de redundancia de tener múltiples motores 700, conectados y/o desconectados de forma rotativa, y podría permitir mayores eficiencias en un rango de potencia más amplio al arrancar y parar los motores 700 según sea necesario.

Debido a que el compresor 704 puede tener múltiples puertos de escape (no etiquetados) con las mismas presiones (o diferentes) y caudales máxicos del fluido de trabajo controlados individualmente, un puerto podría conducir a una primera cámara de combustión 709 que podría controlar cuánto combustible se quemó desde un depósito de combustible 720, y un segundo puerto a una segunda cámara de combustión 711 podría completar el proceso de combustión y posiblemente controlar las emisiones en lugar de usar un convertidor catalítico en el escape del motor 700. Al mover todo el proceso de combustión entre el compresor 704 y el motor 705, la eficiencia del motor aumentaría. Asimismo, ya que el caudal máxico del fluido de trabajo en la primera cámara de combustión 709 es capaz de controlar cuánto combustible se quema y se mueve a la segunda cámara de combustión 711, el combustible no necesitaría ser controlado por la tasa de introducción de combustible, por lo que podrían usarse grandes piezas de combustible sólido en lugar de combustible líquido, sin embargo, el control total de la tasa de combustión podría mantenerse sin requerir un método menos eficiente para restringir su exposición a la combustión.

Un puerto de escape terciario (no etiquetado) del compresor 704 podría conectarse a una cámara de mezcla 712 utilizada para enfriar el fluido completamente quemado a una temperatura que los componentes del motor 705 pudieran soportar fácilmente, reteniendo así toda la energía de combustión antes del motor 705 y eliminando la necesidad de un sistema de enfriamiento para los componentes del motor. Como otra opción no exclusiva, podría introducirse agua W o algún otro líquido en la cámara de mezcla 712. El agua W podría calentarse hasta ser un gas y proporcionar el mismo efecto de enfriamiento sin requerir la compresión de tanto fluido de trabajo adicional. Si se empleó un condensador de enfriamiento 722 justo después del motor 705 para recuperar agua casi hirviendo del fluido de trabajo, se podría usar una bomba de agua 724 para reintroducirla en la cámara de mezcla de modo que el usuario necesitara almacenar o agregar poca o ninguna agua W adicional y el agua W introducida en la cámara de mezcla 712 se precalentaría para aumentar la eficiencia.

Además, una o ambas (primera y segunda) cámara(s) de combustión 709 y 711 pueden reemplazarse por uno o más intercambiadores de calor (no mostrados), lo que podría permitir mayores ganancias de eficiencia, por ejemplo, utilizando el escape caliente de un motor para proporcionar el calor para alimentar un motor secundario, o enfriando el escape caliente dentro de un volumen acotado y utilizando su cambio de presión para aumentar la potencia del motor. Conectar un intercambiador de calor (no mostrado) al escape de un motor de combustión, y combinarlo con el condensador de enfriamiento 722 mencionado anteriormente, permitiría el uso del calor restante en ese escape para alimentar un segundo motor 700, aumentando así la eficiencia de los dos motores. Si se combinara un segundo intercambiador de calor con el condensador de enfriamiento 722 y se usara en el motor sin combustión para enfriar su escape y poder volver a alimentarlo a su compresor, ese motor podría usar un circuito cerrado de fluido de trabajo, permitiendo utilizar fluidos de trabajo más eficientes en su ciclo térmico. Se podrían usar varias etapas de estos motores secundarios (no mostrados) en serie para aumentar aún más la eficiencia de los motores combinados.

Se podría obtener una mayor eficiencia tanto en los motores de combustión como en los motores de no combustión al unir el fluido refrigerante y, por lo tanto, obtener potencia de su recompresión. Si el condensador de enfriamiento/intercambiador de calor 722 para el escape fuera su propia cámara de presión (negativa), y si el caudal másico del fluido de trabajo desde los motores fuera igual al caudal másico del fluido de trabajo por un REC que actúa como un (re)compresor 726, entonces dicha cámara 722 podría establecerse a una presión negativa y podría ganarse potencia. Esto se debe a que el caudal de volumen del fluido de trabajo fuera de dicha cámara de presión sería menor que el caudal de volumen de fluido de trabajo, y por lo tanto, se necesitaría menos energía para volver a comprimir el fluido a la presión ambiental 728 que la energía obtenida por el motor 705 de escape a una presión inferior a la ambiental 728. Si, en su lugar, el intercambiador de calor se incorpora a un compresor (no se muestra), entonces la presión del fluido podría reducirse dentro del compresor, lo que induciría al compresor a girar cuando el producto de la presión y el volumen del fluido se redujera.

Los métodos actuales de refrigeración eficiente usan un compresor para comprimir un fluido compresible y luego permiten que el fluido se enfríe en un intercambiador de calor en la medida en que el fluido precipite a un estado líquido incompresible antes de ser expulsado a través de una válvula a otro intercambiador de calor donde el fluido está se deja evaporar y calentar. Si bien esto tiene muchas ventajas sobre las tecnologías más antiguas, se basa en la disponibilidad de un fluido estable, no corrosivo, no tóxico, con una curva de transición de líquido a gas frente a presión/temperatura que se ajusta a las capacidades de presión operativa y las temperaturas de los entornos deseados. Se puede inferir que, donde dicho fluido aún no está disponible o no es rentable, tener un sistema que no dependa de la precipitación del fluido sería beneficioso y eficiente si la energía liberada por la reducción de la presión del fluido comprimido fuera recuperable. Otras aplicaciones específicas también podrían beneficiarse de dicha configuración, como un ciclo de refrigeración con objetivos de entrada y/o salida muy variables para los cuales una sola curva de precipitación no sería ideal en la mayoría de los casos, o como una aplicación donde cualquiera de las variables de tasa de transferencia de temperatura y/o calor y/o consumo de energía debe mantenerse firmemente.

Tal sistema de refrigeración 800 se puede lograr como se muestra en la FIG. 8. En este caso, un primer intercambiador de calor 801 conecta el escape de un dispositivo REC utilizado como compresor 804 y la entrada de otro dispositivo REC utilizado como motor 805 en el lado del fluido de trabajo caliente a alta presión, y el segundo intercambiador de calor conecta el escape del motor 805 y la entrada del compresor 804 en el lado del fluido de trabajo en frío a baja presión. El (los) componente(s) rotativo(s) del compresor y el motor están unidos rotativamente R y son impulsados adicionalmente por una fuente de alimentación externa 830. En el estado estacionario, el compresor 804 absorbe un volumen mayor de fluido de trabajo de lo que expulsa el motor 805. Como se analizó anteriormente, el compresor 804 puede ajustarse a los requisitos de caudal másico del fluido de trabajo y diferencial de presión (y por lo tanto diferencial de temperatura) tanto del sistema como del operador para satisfacer cualquier requisito de potencia y térmico. El motor 805 puede entonces ajustarse a las presiones de entrada y salida compartidas del sistema para asegurar que se mantenga la temperatura diferencial mientras se recupera la potencia de la expansión del fluido de trabajo debido a dicho diferencial de presión.

Una bomba de calor como se usa en sistemas de calefacción, ventilación, y de aire acondicionado (HVAC) utiliza un ciclo de refrigeración para transferir calor de un fluido a otro mediante el uso de una o más bombas accionadas por una fuente de alimentación auxiliar y la compresión y expansión de un fluido. En algunas aplicaciones de bombas de calor, un horno quema combustible(s) para obtener calor y luego transfiere parte de ese calor a otro fluido, mientras expulsa el resto a la atmósfera con su escape. Cuanto más fría sea la temperatura ambiente en relación con la temperatura del ambiente controlado, menos eficiente será el proceso en cuestión de calor.

Tal y como se muestra en la FIG. 9, se puede hacer un motor térmico 900 a partir de un dispositivo REC usado como compresor 704 y el motor 705 usado como motor como en la FIG. 7, con una o más cámaras de combustión 909 y 911, depósito(s) de fluido de trabajo 913 y válvula de control asociada (918), y depósito(s) de combustible 920 pero con la adición de un intercambiador de calor 921 entre la(s) cámara(s) de combustión y el motor 905. En este caso, el objetivo es tomar aire F1 del ambiente, aumentar su temperatura más allá de la deseada en el entorno controlado 932 únicamente comprimiéndolo, luego agregar energía en forma de calor mediante el uso de las cámaras de combustión 909 y 911 como en el motor 700, luego transferir el calor obtenido de dicha combustión a otro fluido de trabajo F2, antes de recuperar la energía perdida al comprimir el aire ambiental F1 expandiéndolo en un motor 905 y volviéndolo a liberar al ambiente 928. Se producirían pérdidas en el compresor 904 y el motor 905, lo que podría requerir que el

aire que regresó a la atmósfera ambiental 928 esté a una temperatura más alta que cuando comenzó el proceso. Esto podría superarse, y el aire expulsado F1 podría incluso devolverse a una temperatura más baja, si el sistema es accionado por un método adicional. Uno de estos métodos podría implicar complementar el sistema con un motor eléctrico (no mostrado). Si bien este motor eléctrico puede ser impulsado por una fuente de alimentación externa, la transferencia del calor del aire comprimido y quemado F1 al ambiente controlado también se puede utilizar para complementar el motor de calefacción.

Una opción podría ser entregar el calor del intercambiador de calor 921 al fluido de trabajo comprimido de un segundo motor 934, compuesto por terceros y cuartos dispositivos REC, uno de los cuales se usa como un compresor 936 que extrae su fluido de trabajo del ambiente controlado y el otro se usa como un motor 938 que retorna su fluido de trabajo al ambiente controlado. Unir rotativamente los componentes rotativos del primer y segundo motor completaría la transferencia de potencia, y el segundo motor 934 agregaría potencia al sistema si la temperatura del fluido de trabajo comprimido F2 del ambiente controlado fuera lo suficientemente baja y pudiera aumentarse lo suficiente desde el intercambiador de calor, de modo que no solo superó las pérdidas adicionales del segundo motor 934, sino que fue capaz de aportar energía de rotación al primero (no etiquetado). Este segundo motor 934 también podría tener un circuito cerrado de fluido con otro intercambiador de calor 940, e incluso podría proporcionar suficiente potencia adicional para impulsar un ventilador u otro equipo 942 para empujar el aire del ambiente controlado 932 a través de su intercambiador de calor 934.

Otra opción sería incorporar una matriz de termopares (no mostrada) en el intercambiador de calor 921 a través de la cual debe viajar cualquier calor para pasar de un fluido a otro, ganando así potencial eléctrico y corriente mientras reduce la eficiencia de peso del intercambiador de calor. Este potencial eléctrico y esta corriente podrían usarse para cualquier propósito, otro de los cuales podría estar manejando los controles de los motores del sistema. Estas dos opciones también podrían combinarse.

Las opciones anteriores funcionarían como un sistema de calefacción con una eficiencia energética de > 100 % de la energía potencial del combustible utilizado para alimentar el sistema, y que puede funcionar bien para un amplio rango de temperaturas ambientales y controladas.

Anteriormente se suponía que la presión del escape de todos los puertos de escape es igual a la presión ambiental en esos puertos. Esto elimina las pérdidas de energía debido a la expansión repentina y sin aprovechar en un puerto de escape si se permite mezclar dos fluidos compresibles con diferentes presiones. Los beneficios de la eficiencia energética pueden ser superados por los beneficios de la eficiencia de volumen y/o peso en diferentes aplicaciones, y estos beneficios pueden variar de una aplicación a otra, así como a lo largo del tiempo dentro de la misma aplicación.

Los sistemas como los descritos anteriormente pueden configurarse de modo que, dentro de un cierto rango de potencia, la presión del escape y la presión ambiental en el puerto de escape son las mismas, y a un nivel de potencia mayor que ese rango, estas presiones son diferentes. Por tanto, el sistema sería muy eficiente energéticamente en un rango de potencia más bajo, pero cambiaría parte de su eficiencia energética por eficiencia en volumen y/o peso en rangos de potencia más altos. En su lugar, es posible que el sistema no tenga un rango de alta eficiencia energética y siempre sacrifique su eficiencia energética por la eficiencia en volumen y/o peso.

Para aquellos casos en los que es deseable para el usuario que el sistema permanezca en o por encima de un cierto rango de eficiencia energética, una primera opción podría ser que el usuario establezca un límite de potencia en el sistema que puede activarse o desactivarse, y/o modificarse por el usuario, y que puede ser o no el mismo nivel de potencia en el extremo alto del rango de potencia más eficiente en energía. De esta forma, un sistema puede, voluntariamente o de otra manera, limitarse a un mayor rango de potencia eficiente energéticamente o el más grande.

Como una segunda opción alternativa, se puede establecer el límite, con un interruptor u otro método para liberar el sistema de este límite en caso de emergencia u otro evento, definido por el usuario o algún otro sistema. De esta forma, un sistema puede, voluntariamente o de otra manera, ser capaz de exceder su rango de potencia normalmente altamente eficiente en energía a costa de su eficiencia energética.

Ambas opciones anteriores se pueden usar en el mismo sistema para diferentes rangos de potencia y eficiencia energética. Si, por ejemplo, el sistema se dañara progresivamente por encima de una determinada potencia nominal, la primera opción podría usarse para un rango de potencia de eficiencia energética más bajo por debajo de donde el sistema se dañaría, y la segunda opción podría usarse para un rango de potencia superior.

En los tres casos anteriores, se puede encontrar que no es deseable un interruptor para activar o desactivar el límite. Los comentarios de los usuarios, como un aumento notable en la resistencia a la presión del usuario sobre el acelerador a medida que se cruza cada límite de rango, puede usarse en lugar de un interruptor, permitiendo una interfaz más intuitiva y menos restrictiva.

Aunque los ejemplos descritos en el texto y las figuras anteriores se centran en correderas helicoidales con una multitud potencial de correderas, cuñas y puertos ajustables, lo siguiente se centra en obtener la mayor eficiencia en un diseño fabricable que incluye solo 2 puertos ajustables equivalentes y podría funcionar como una combinación de

los componentes 704, 705 y 726 en la FIG. 7.

Al obtener la mayor eficiencia energética, es deseable reducir o eliminar todos y cada uno de los movimientos recíprocos en el dispositivo. En la misma línea de pensamiento, también es deseable que todos los cuerpos rotativos estén equilibrados para que el eje de rotación de cada cuerpo también pase a través de su centro de masa. El gerotor elimina todos esos movimientos alternativos y, siempre que los engranajes internos y externos estén en rotación mientras sus centros de rotación se mantengan fijos, sus ejes de rotación también pasan inherentemente a través de su centro de masa. Asimismo, es posible crear conjuntos de engranajes de modo que si uno de los engranajes gira a una velocidad de rotación constante, el otro también gira a una velocidad de rotación constante, lo que también elimina pérdidas en la eficiencia debido a cambios forzados en la velocidad angular en el estado estacionario.

Al obtener la mayor eficiencia energética, es deseable expulsar completamente todo el fluido compresible antes de volver a tomar más fluido. Esto significa que, en el curso de la rotación, todos los volúmenes de fluido deben comenzar y terminar con un volumen cero. Debido a que no es deseable que las correderas se muevan con o en respuesta a la rotación eficiente del dispositivo para mantener el acceso correcto entre el puerto y sus volúmenes asociados en el estado estacionario, es deseable arreglar esta ubicación de volumen cero en relación con la referencia de coordenadas fijas. Al examinar el típico conjunto de engranajes $N: N + 1$, se ve que la geometría que se ha encontrado eficiente en la transferencia de par de un engranaje al otro no es en absoluto eficiente en energía de esta manera descrita. Sí sugiere, sin embargo, que el mejor lugar para arreglar esta ubicación de volumen cero es donde los dientes del engranaje están más engranados. En un examen más detallado de dicho conjunto de engranajes $N: N + 1$, se ve que la razón principal por la que los volúmenes de fluido entre los dientes de los engranajes no se acercan a cero es porque las puntas de los dientes (de cualquier engranaje) nunca están instantáneamente estacionarias con respecto a su compañero en esta ubicación totalmente engranada, pero en su lugar se les permite girar a través de un espacio abierto dejado para ese fin para que los engranajes no se unan. Para eliminar este espacio abierto y pasar así a un volumen cero en esta ubicación, el giro debe ser eliminado. Por tanto, se empieza con la punta de los dientes del rotor o del estator (o ambos) estacionaria instantáneamente con respecto a su bolsillo de acoplamiento en su ubicación totalmente engranada.

Matemáticamente, esto significa que el vector de desplazamiento de la punta de un diente en la ubicación totalmente engranada como se describe anteriormente debe coincidir instantáneamente con su parte de acoplamiento en su engranaje de acoplamiento en la ubicación de volumen cero. Además, si se establece una referencia de coordenadas rotativas con su ubicación en el centro de rotación del engranaje de acoplamiento del diente y que gira a la misma velocidad que ese engranaje de acoplamiento, entonces, debido a que no se permite que el diente se balancee a través de esta condición completamente engranada, debe acercarse y abandonar esta ubicación instantáneamente antes y después de la ubicación del volumen cero a lo largo de vectores paralelos a la línea dibujada entre los ejes de rotación de los engranajes cuando se traza en el sistema de coordenadas de rotación. Esta línea también es paralela a una línea dibujada entre dicha punta del diente y el eje de rotación de cualquier engranaje en el sistema de coordenadas de rotación. De esta forma, la punta de cada diente instantáneamente parece alternar como un pistón cuando se ve desde la referencia de coordenadas de rotación, a pesar de que no hay movimiento alternativo cuando se ve desde la referencia de coordenadas fijas.

Al examinar el típico conjunto de engranajes $N: N + 1$, se ve que, de vez en cuando, unos volúmenes discretos se fusionan y se separan entre sí debido a la forma en que los dientes del engranaje no pueden mantener contacto en todo momento con su engranaje de acoplamiento. Esto no es deseable porque los volúmenes que tienen presiones diferentes pueden fusionarse e igualar su presión, reduciendo así la eficiencia como se discutió anteriormente. Debido a que las puntas de los dientes de uno o ambos engranajes definirán la extensión del engranaje de acoplamiento, es deseable que cada diente que define el límite entre un volumen y el siguiente mantenga contacto con su engranaje de acoplamiento en todo momento para que los dos volúmenes delimitados por ese diente no se fusionen.

Basándose en lo anterior, se ha determinado que los dientes de engranaje internos o externos pueden fabricarse para satisfacer todas las condiciones de un dispositivo altamente eficiente, pero no ambos. Se han encontrado dos soluciones genéricas para expresar la forma que tomarían los dientes, una con las puntas de los dientes del engranaje interno actuando para definir el engranaje externo como se describió anteriormente, y una con las puntas de los dientes del engranaje externo actuando para definir el engranaje interno como se describió anteriormente. La primera solución, representada por las ecuaciones Ecuación 1 - 7, a continuación, se describe con más detalle porque es la opción más robusta y eficiente en volumen.

$$NoET = NoIT + 1 \quad \text{Ec. (1)}$$

con:

$NoET$ se define como el número de dientes en el engranaje externo; y
 $NoIT$ se define como el número de dientes en el engranaje interno.

La ecuación 1 expresa matemáticamente la condición $N: N + 1$ indicada anteriormente. Por tanto, por cada rotación del engranaje externo, el engranaje interno rotará $(n + 1)/n$ veces. Dicho de otra manera, cada vez que el engranaje

interno hace una rotación completa, avanzará su posición en relación con el engranaje externo por un diente, y este avance será $1/(n+1)^{\text{ésimo}}$ de una rotación completa del engranaje externo y $(1/n)^{\text{ésimo}}$ de una rotación completa del engranaje interno.

- 5 Con referencia a las FIGS. 10-13 para referencia geométrica, para el caso en que las puntas de los dientes del engranaje interno se usan para describir el engranaje externo, las siguientes Ecuaciones 2-4 son útiles:

$$\theta = \Delta - \arctan\left(\frac{TH \cdot \text{sen}(-\delta + \Delta)}{E + TH \cdot \text{cos}(-\delta + \Delta)}\right) \quad \text{Ec. (2)}$$

$$10 \quad r = \sqrt{(E + TH \cdot \text{cos}(-\delta + \Delta))^2 + TH^2 \cdot \text{sen}(-\delta + \Delta)^2} \quad \text{Ec. (3)}$$

$$\Delta = NoIT \cdot \delta \quad \text{Ec. (4)}$$

en donde:

- 15 TH (1002 y 1202) se define como la altura del diente, que es la distancia entre el eje de rotación del engranaje y la punta del diente 1003 y 1203;
 E (1004 y 1204) se define como Excentricidad, que es la distancia entre el eje de rotación del engranaje interno 1005 y 1205 y el eje de rotación del engranaje externo 1006 y 1206;
 20 Δ (1007 y 1207) se define como el ángulo de rotación del engranaje externo;
 r (1008 y 1208) se define como la distancia desde el centro del engranaje externo hasta la punta de uno de los dientes del engranaje interno, definiendo así la pared interna del engranaje externo;
 δ (1010 y 1210) se define como el ángulo que el engranaje interno ha rotado en relación con el engranaje externo;
 y
 25 θ (1012 y 1212) se define como el ángulo de 'r' en relación con el engranaje externo.

A través de la experimentación, se ha encontrado que cuando

$$30 \quad TH = E \cdot NoIT \quad \text{Ec. (5)}$$

se hace cumplir, se obtiene el movimiento del pistón como se describe anteriormente. Al sustituir las Ecuaciones 4 y 5 en las Ecuaciones 2 y 3 se obtiene

$$35 \quad \theta = NoIT \cdot \delta + \arctan\left(\frac{NoIT \cdot \text{sen}(\delta + NoIT \cdot \delta)}{1 + NoIT \cdot \text{cos}(-\delta + NoIT \cdot \delta)}\right) \quad \text{Ec. (6)}$$

y

$$r = E \cdot \sqrt{(1 + NoIT \cdot \text{cos}(\delta + NoIT \cdot \delta))^2 + (NoIT \cdot \text{sen}(\delta + NoIT \cdot \delta))^2} \quad \text{Ec. (7)}$$

- 40 y la FIG. 10 muestra el arco de canal único resultante 1014 para un $NoIT$ de cuatro. Ya que E 1004 y 1204 y $NoIT$ son valores constantes de la forma del engranaje, solamente δ 1010 y 1210 permanece como una variable en el lado derecho de cualquiera de las ecuaciones, permitiendo la gráfica paramétrica de cada ecuación para cada combinación de E 1004 y 1204 y $NoIT$. (Como se entiende por una persona experta en la materia, al resolver para θ , π debe agregarse de forma acumulativa al resultado de la expresión arctan siempre que cruce una discontinuidad o se producirá una gráfica incorrecta e inconexa.) Como alternativa, δ 1010 y 1210 pueden resolverse en términos de θ 45 1012 y 1212, y luego introducirse en la Ecuación 3 o 7 para obtener una gráfica correcta. Ambos conjuntos de ecuaciones también se pueden convertir en el Sistema de coordenadas cartesianas si se desea.

- 50 Tal y como se ha comentado anteriormente, es deseable que todos los volúmenes delimitados por los dientes del engranaje comiencen y terminen con un volumen cero. Por tanto, los dientes del engranaje externo se utilizan para definir los dientes del engranaje interno. Sin embargo, ya que los dientes del engranaje externo estarán barriendo a través del canal entre los dientes de los engranajes internos, toda la geometría del engranaje externo es relevante. Debido a que el diente externo está barriendo a través del canal y ya que es deseable mantener el contacto entre el canal y el diente durante todo el barrido, el punto de contacto entre el diente y el canal está en el punto del diente donde la dirección del barrido es tangencial a la superficie del diente. Sin embargo, resolver para esto produce la misma forma que resolver las Ecuaciones 6 y 7 con lo mismo pero para un diente interno menos. Resolver para un E 55 1004 y 1204 de uno y un $NoIT$ de tres y dos produce un conjunto de engranajes externo e interno.

- 60 Si bien es deseable desde un punto de vista de eficiencia basado en lo anterior, los puntos en las puntas de los dientes de los engranajes son mecánicamente débiles, se desgastarán fácilmente, son difíciles de fabricar y no generarán un sellado tan apretado como podría ser deseable. Sin embargo, los engranajes pueden modificarse compensando la cara de cada engranaje en una cantidad fija. Debido a que la punta de cada diente es un punto, una compensación constante en la punta se convierte en un semicírculo, produciendo un engranaje interno con tres dientes 1102 y un engranaje externo con cuatro dientes 1104 como se muestra en la FIG. 11. Sin embargo, la curvatura en las caras de los engranajes limita la cantidad de desplazamiento que se puede aplicar sin que la nueva cara teórica se entrecruce

y falle. Esta curvatura es más apretada en las puntas de los dientes, que es donde se realiza el sellado entre los dientes en la condición de volumen cero o casi cero, y por lo tanto donde la diferencia de presión será mayor, por lo tanto, no es deseable 'engañar' y empujar la compensación demasiado lejos en lo que teóricamente se auto intersecará. Sin embargo, no solo los dientes se vuelven mecánicamente más fuertes a medida que aumenta la compensación, sino que la eficiencia de volumen del conjunto de engranajes aumenta marginalmente al mismo tiempo. Debido a esta y otras limitaciones, es deseable tener el mayor desplazamiento posible. Además, a medida que aumenta el número de dientes por engranaje, las caras de los dientes deben curvarse más, disminuyendo así la cantidad de compensación antes de que las caras teóricas se auto intersequen. La excentricidad no tiene efecto sobre la eficiencia del volumen, pero a medida que aumenta el número de dientes por engranaje, la eficiencia del volumen disminuye. Por tanto, es deseable en función de la resistencia mecánica de los engranajes y desde un punto de vista de eficiencia de volumen que el *NoIT* sea lo más bajo posible.

En ciertos puntos en la rotación de los engranajes, un diente alcanzará una condición con su diente de acoplamiento donde sus puntas se tocan y, por lo tanto, en el cual su contacto no aplica un vector de fuerza rotacional entre sí, y solo a ambos lados de esta condición, el vector rotacional de fuerza que puede aplicarse es $1/\infty$ en un sentido de rotación y cero en el otro. Si hay un número par de dientes en el engranaje interno, entonces el diente en el lado opuesto del engranaje interno estará en la parte inferior de su canal de acoplamiento, y por lo tanto estará en contacto con dos dientes y podrá aplicar un vector de fuerza rotacional en cualquier dirección. Cualquier diente que no se encuentre en una de las dos condiciones anteriores tendrá un solo punto de contacto con su diente/canal de acoplamiento y, por lo tanto, puede aplicar un vector de fuerza en un sentido de rotación u otro, pero no ambos. Por tanto, si solo hay dos dientes en el engranaje interno en este caso, surgiría una condición en la que un diente acaba de pasar la condición en la que podría aplicar una fuerza en ambos sentidos de rotación, y por lo tanto solo podría aplicar una fuerza en un sentido de rotación, y en la que el otro diente podría aplicar solo $1/\infty$ o efectivamente ninguna fuerza en el otro. Por tanto, cualquier fuerza que se oponga a la rotación del engranaje interno superaría la fuerza efectivamente cero y causaría que el sistema se uniera a menos que se usara algún mecanismo externo para mantener los engranajes internos y externos alineados mientras giraban. Tener 3 o más dientes en el engranaje interno en este caso elimina este problema.

Para el caso en que las puntas de los dientes del engranaje externo se usan para describir el engranaje interno, se pueden generar las siguientes Ecuaciones 8-10:

$$\theta = \delta - \arctan\left(\frac{E \cdot \text{sen}(-\delta + \Delta)}{TH + E \cdot \text{cos}(-\delta + \Delta)}\right) \quad \text{Ec. (8)}$$

$$r = \sqrt{(TH + E \cdot \text{cos}(-\delta + \Delta))^2 + E^2 \cdot \text{sen}(-\delta + \Delta)^2} \quad \text{Ec. (9)}$$

y

$$\Delta = (NoIT + 1) \cdot \delta \quad \text{Ec. (10)}$$

A través de la experimentación, se ha encontrado que cuando

$$TH = E \cdot (NoIT + 1) \quad \text{Ec. (11)}$$

se hace cumplir, se obtiene el movimiento del pistón como se describe anteriormente. Al sustituir las Ecuaciones 10 y 11 en las Ecuaciones 8 y 9 se obtiene

$$\theta = \delta - \arctan\left(\frac{\text{sen}(NoIT \cdot \delta)}{1 + NoIT + \text{cos}(NoIT \cdot \delta)}\right) \quad \text{Ec. (12)}$$

y

$$r = E \cdot \sqrt{(1 + NoIT + \text{cos}(NoIT \cdot \delta))^2 + \text{sen}(\delta + NoIT \cdot \delta)^2} \quad \text{Ec. (13)}$$

y la FIG. 12 muestra el arco de diente único resultante 1216 para un *NoIT* de tres. Como antes, ya que *E* 1004 y 1204 y *NoIT* son valores constantes de la forma del engranaje, solamente δ 1010 y 1210 permanece como una variable en el lado derecho de cualquiera de las ecuaciones, permitiendo la gráfica paramétrica de cada ecuación para cada combinación de *E* 1004 y 1204 y *NoIT*. Como antes, δ 1010 y 1210 pueden resolverse en términos de θ 1012 y 1212, y luego introducirse en la Ecuación 9 o 13 para obtener una gráfica correcta. Como antes, ambos conjuntos de ecuaciones también se pueden convertir en el Sistema de coordenadas cartesianas si se desea.

Por tanto, resolver las Ecuaciones 12 y 13 para un *E* 1004 y 1204 de uno y un *NoIT* de tres y dos produce un conjunto de engranajes externo e interno, y la compensación de las caras da como resultado un engranaje interno con dos dientes 1302 y un engranaje externo con tres dientes 1304 como se muestra en la FIG. 13. Téngase en cuenta que, dado que el engranaje externo está haciendo contacto en sus puntas, es el que necesita tres o más dientes, permitiendo que el engranaje interno tenga solo dos. A diferencia del conjunto de engranajes 3:4 anterior con volúmenes de fluido a los que siempre se puede acceder en el engranaje externo en la parte inferior de cada canal

entre los dientes del engranaje externo, el conjunto de engranajes 2:3 y todos los conjuntos hechos con sus ecuaciones no tienen el mismo acceso constante en la parte inferior de cada canal entre los dientes del engranaje interno.

5 La FIG. 14B es una vista isométrica de la FIG. 14A. La FIG. 14A - 14B muestra el dispositivo REC 1400 que incluye el conjunto de engranajes 4:3 de la FIG. 11, donde el engranaje 1402 es funcionalmente idéntico a 1102 y 1404 es funcionalmente idéntico a 1104 con sus extensiones no mostradas, y se entiende que ambos tienen sus centros de rotación fijados por mecanismos no mostrados, aunque pueden girar libremente, el engranaje 1402 dentro del engranaje 1404. Se entiende que estos dos engranajes 1402 y 1404 se extienden a la misma profundidad en la página y son paralelos en esa dirección, y se entiende que sus caras terminales son coincidentes. Además, se entiende que una región que está sombreada homogéneamente representa una zona de tapa 1406 al ras de los extremos de ambos engranajes que limita los volúmenes de fluido entre los dientes de los engranajes 1402 y 1404, dejando solo las puntas inferiores de los canales del engranaje externo 1404 sin límites. Se entiende que en un extremo de este conjunto 1400, hay una primera zona de corredera 1408 que se alinea con ese extremo de ambos engranajes que también limita los volúmenes de fluido en ese extremo y sobre sus extensiones circunferenciales pero permite el acceso a dichos volúmenes de fluido fuera de sus extensiones circunferenciales en ese extremo (este acceso designado como acceso 1), que también está al ras con la zona de tapa 1406, y que tiene un tamaño circunferencial fijo pero cuyas extensiones pueden moverse libremente alrededor de la circunferencia de la zona de tapa 1406. Se entiende que en el otro extremo de este conjunto 1400, hay una segunda zona de corredera 1410 que está al ras con ese extremo de ambos engranajes que también limita los volúmenes de fluido en ese extremo y sobre sus extensiones circunferenciales pero permite el acceso a dichos volúmenes de fluido fuera de sus extensiones circunferenciales en ese extremo, que también está al ras con la zona de tapa 1406, y que tiene un tamaño circunferencial fijo pero cuyas extensiones pueden moverse libremente alrededor de la circunferencia de la zona de tapa 1406, excepto que sus extensiones no pueden solaparse con una zona de cuña 1412. Se entiende que hay una zona de cuña 1412 que está al ras y limita los volúmenes de fluido en el mismo extremo que la zona de corredera 1410, que está al ras con la zona de tapa 1406, que tiene extensiones circunferenciales y un tamaño fijo en relación con los ejes de rotación de los dos engranajes, de modo que se superpone a todos pero no más que el canal del engranaje externo cuando ese canal se llena con una de las puntas dejando un volumen de fluido cero o sustancialmente cero. Se entiende que, al final de los engranajes compartidos por la zona de corredera 1410 y la zona de cuña 1412, habrá al menos una y hasta dos extensiones circunferenciales de acceso a los volúmenes de fluido, acceso designado 2 y acceso 3 (no etiquetado). Se entiende además que, cuando se ve desde uno u otro extremo de los engranajes como se muestra en la FIG. 14A, el acceso 1 se superpondrá a uno o ambos del acceso 2 y acceso 3.

El dispositivo REC 1400 puede funcionar como dispositivo REC 200 como se describe a continuación. Cuando la zona de corredera 1408 se superpone completamente a la zona de cuña 1412, no habrá acceso a los volúmenes de fluido sobre las extensiones circunferenciales de la zona de cuña 1412, zona que funciona como cuña 220 del dispositivo REC 200 de las FIGS. 2A-2C. Cuando la zona de corredera 1408 y la zona de corredera 1410 se superponen parcial o totalmente, las extensiones circunferenciales de esta superposición actúan como una zona de acceso denegado 1414 a las zonas de fluido que está controlada por las extensiones circunferenciales de las zonas de corredera 1408 y 1410 de manera similar a las correderas 212 y 216 del dispositivo REC 200 de las FIGS. 2A-2C. Donde no se superponen dos de las zonas 1408, 1410 y 1412, se accede a los volúmenes de fluido de manera similar a los puertos 202 y 206. Asumiendo el sentido de rotación de los componentes rotativos R, el puerto de admisión 1416 en la FIG. 14A actuaría de manera similar al puerto de admisión 202 del dispositivo REC 200, y el puerto de escape 1418 actuaría de manera similar al puerto de escape 206 del REC 200. De esta forma, se puede construir un dispositivo REC que elimine todo el movimiento alternativo de sus componentes rotativos. Además, si se agregan zonas de cuña adicionales de extensiones circunferenciales similares a la zona de cuña 1412 pero con la capacidad de moverse circunferencialmente siempre que no se superpongan con ninguna otra zona en ese extremo de los engranajes al acceso 2 y/o acceso 3, pueden actuar como cuñas 442 y 448 de la FIG. 4.

Debido a que las correderas 1408 y 1410 y la cuña 1412 se colocan en los extremos de los engranajes 1402 y 1404, dos conjuntos de componentes rotativos pueden estar unidos rotativamente al otro y colocados de extremo a extremo para que puedan compartir una corredera y una cuña, posiblemente reduciendo el número de piezas requeridas. Si estos dos o más conjuntos de componentes rotativos se desplazaban angularmente entre sí para que compartieran los mismos ejes pero sus volúmenes de fluido ganaran y perdieran acceso a los puertos compartidos en diferentes momentos, tendría un efecto de "suavizado" similar al aumento de No/IT , en que el caudal másico del fluido de trabajo sería más continuo y constante a través de puertos más pequeños, pero sin la pérdida correspondiente en la eficiencia del volumen al aumentar el No/IT más allá de tres.

La FIG. 15B es una vista isométrica de la FIG. 15A. Debido a que los dispositivos REC similares a REC 200 pueden configurarse con múltiples arcos de expansión y múltiples arcos de contracción como se muestra en la FIG. 15A -15B, un solo dispositivo REC puede actuar como múltiples compresores y/o motores. El dispositivo REC 1500 muestra un ejemplo similar al REC 200 pero que tiene la funcionalidad de cuatro dispositivos REC 200 que usan zonas de corredera 1502 (solo algunas de las cuales están etiquetadas) en ambos extremos de los componentes rotativos).

La FIG. 16B es una vista isométrica de la FIG. 16A. Debido a que los dispositivos REC similares al dispositivo REC 1400 pueden configurarse con válvulas u otros métodos para controlar el acceso de los puertos a sus volúmenes de fluido solo para algunos de los canales de engranajes y con otros métodos para bloquear continuamente el acceso a

5 otros canales de engranajes como se muestra en la FIG. 16A - 16B, y debido a que los métodos para controlar el acceso pueden ser controlados a su vez por métodos similares a las correderas descritas anteriormente, como se muestra en la FIG. 16A - 16B, un solo dispositivo REC similar al dispositivo REC 1400 puede actuar como múltiples compresores y/o motores. El dispositivo REC 1600 usa dos válvulas 1602 sobre dos canales de engranajes en un extremo para permitir o denegar el acceso a esos canales de engranajes, y hace lo mismo en el otro extremo con los dos canales de engranajes restantes (no mostrados). Esta realización usa válvulas normalmente abiertas 1602 con dos zonas de corredera 1604 y una zona de cuña 1606 para controlar esas válvulas 1602 en cada extremo para proporcionar las capacidades de dos de los dispositivos REC 200, aunque las válvulas normalmente cerradas y/o más conjuntos de zonas de corredera y cuña y/o una mayor diferenciación sobre cómo interactúan las correderas con las válvulas y/o un conjunto de engranajes con un *No/T* más grande podrían usarse para aumentar aún más la capacidad del dispositivo REC 1600.

10 Las realizaciones ejemplares se han divulgado anteriormente y se ilustran en los dibujos adjuntos. Los expertos en la materia entenderán que varios cambios, omisiones y adiciones pueden hacerse a lo que se divulga específicamente aquí sin apartarse del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo rotatorio de cámara expansible, que comprende:

5 un componente rotativo externo que tiene un eje de máquina;
 un componente rotativo interno ubicado en relación con dicho componente rotativo externo para definir una zona
 de fluido (116, 224) entre dichos componentes interno y externo, comprendiendo dicha zona de fluido (116, 224)
 una pluralidad de volúmenes de fluido para recibir un fluido de trabajo durante el uso, en donde dichos
 componentes rotativos interno y externo están diseñados y configurados para acoplarse entre sí de manera que,
 10 cuando al menos uno de dichos componentes rotativos interno y externo se mueve continuamente en relación con
 el otro y alrededor de un eje paralelo a dicho eje de máquina, dichos componentes rotativos interno y externo
 definen continuamente al menos un arco de contracción, al menos un arco de expansión y al menos un arco de
 volumen cero dentro de dicha zona de fluido (116, 224);
 un primer puerto de fluido de trabajo en comunicación fluida con dicha zona de fluido (116, 224) y que tiene una
 15 primera extensión circunferencial y una primera posición angular alrededor de dicho eje de máquina;
 un primer mecanismo (132) diseñado y configurado para cambiar de manera controlable al menos una de dicha
 primera extensión circunferencial y dicha primera posición angular;
 un segundo puerto de fluido de trabajo en comunicación fluida con dicha zona de fluido (116, 224) y que tiene una
 segunda extensión circunferencial y una segunda posición angular alrededor de dicho eje de máquina;
 20 un segundo mecanismo (136) diseñado y configurado para cambiar de forma controlable al menos una de dicha
 segunda extensión circunferencial y dicha segunda posición angular; **caracterizado por**
 un arco de inaccesibilidad sobre el cual dichos volúmenes de fluido no tienen acceso a ningún puerto de fluido de
 trabajo, incluyendo dichos primer y segundo puertos de fluido de trabajo, dicho arco de inaccesibilidad con una
 25 ubicación circunferencial y un tamaño circunferencial, en donde cambiar una cualquiera de dicha primera extensión
 circunferencial y dicha primera posición angular con dicho primer mecanismo (132) cambia al menos una de dicha
 ubicación circunferencial y dicho tamaño circunferencial de dicho arco de inaccesibilidad, y cambiar una cualquiera
 de dicha segunda extensión circunferencial y dicha segunda posición angular con dicho segundo mecanismo (136)
 cambia al menos una de dicha ubicación circunferencial y dicho tamaño circunferencial de dicho arco de
 30 inaccesibilidad.

2. El dispositivo rotatorio de cámara expansible de la reivindicación 1, en donde al menos uno de dicho primer
 mecanismo (132) y dicho segundo mecanismo (136) están configurados para controlar un volumen de un fluido de
 trabajo que ingresa a dicha zona de fluido (116, 224).

35 3. El dispositivo rotatorio de cámara expansible de la reivindicación 1, en donde al menos uno de dicho primer
 mecanismo (132) y dicho segundo mecanismo (136) comprende una corredera (212, 216) configurada para colocarse
 en diferentes posiciones angulares alrededor de dicho eje de máquina.

40 4. El dispositivo rotatorio de cámara expansible de la reivindicación 1, en donde al menos uno de dicho primer
 mecanismo (132) y dicho segundo mecanismo (136) comprende una corredera (212, 216, 1408,1410) y una placa
 terminal, en donde dicha corredera (212, 216, 1408,1410) y dicha placa terminal están configuradas para cambiar de
 forma controlable al menos una de dicha primera extensión circunferencial y dicha primera posición angular cambiando
 una posición circunferencial de dicha corredera (212, 216, 1408,1410) en relación con dicha placa terminal.

45 5. El dispositivo rotatorio de cámara expansible de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde dicho componente
 rotativo externo comprende un engranaje externo que tiene una pluralidad de canales, y dicho componente rotativo
 interno comprende un engranaje interno que tiene una pluralidad de lóbulos, dichos lóbulos configurados para
 engancharse a dichos canales.

50 6. El dispositivo rotatorio de cámara expansible de la reivindicación 1, en donde al menos uno de dichos mecanismos
 primeros y segundos del mecanismo comprende primeras y segundas correderas (1408, 1410) y una cuña (1412)
 dispuesta entre dichas primeras y segundas correderas (1408, 1410), en donde dicha cuña (1412) y dicha primera
 corredera están separadas entre sí para definir dicho primer puerto de fluido de trabajo, y dicha cuña (1412) y dicha
 segunda corredera están separadas entre sí para definir dicho segundo puerto de fluido de trabajo.

55 7. El dispositivo rotatorio de cámara expansible de la reivindicación 6, en el que dicha cuña (1412) se coloca en una
 posición angular alrededor de dicho eje de máquina donde dicha pluralidad de volúmenes de fluido pasan a un volumen
 sustancialmente cero.

60 8. El dispositivo rotatorio de cámara expansible de cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde dicho primer
 mecanismo (132) está diseñado y configurado para cambiar de manera controlable dicha primera extensión
 circunferencial y dicha primera posición angular.

9. Un sistema de recuperación de energía, **caracterizado por**:

65 un primer dispositivo rotatorio de cámara expansible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8;

un segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8, dicho primer dispositivo rotatorio de cámara expansible acoplado mecánicamente a dicho segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible; y

5 un condensador (722) acoplado de manera fluida a dicho primer puerto de fluido de trabajo de dicho primer dispositivo rotatorio de cámara expansible y acoplado de manera fluida a dicho segundo puerto de fluido de trabajo de dicho segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible;

10 en donde dicho sistema está diseñado y configurado para recuperar energía de un fluido de trabajo agotando el fluido de trabajo de dicho primer puerto de fluido de trabajo de dicho primer dispositivo rotatorio de cámara expansible a una presión por debajo de una presión ambiental, condensar el fluido de trabajo, y luego volver a comprimir el fluido de trabajo con dicho segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible a una presión sustancialmente igual a la presión ambiental.

15 10. El sistema de recuperación de energía de la reivindicación 9, en donde dicho primer dispositivo rotatorio de cámara expansible está configurado para controlar una temperatura o presión del fluido de trabajo en dicho primer puerto de fluido de trabajo independientemente de un caudal másico del fluido de trabajo y una velocidad de rotación del primer dispositivo rotatorio de cámara expansible ajustando dicho primer mecanismo (132).

11. Un sistema de refrigeración monofásico, **caracterizado por:**

20 un primer dispositivo rotatorio de cámara expansible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8; un segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8, dicho primer dispositivo rotatorio de cámara expansible acoplado mecánicamente a dicho segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible; y

25 primer y segundo intercambiadores de calor (801), dicho primer intercambiador de calor acoplado de manera fluida a dicho primer puerto de fluido de trabajo de dicho primer dispositivo rotatorio de cámara expansible y dicho segundo puerto de fluido de trabajo de dicho segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible, y dicho segundo intercambiador de calor acoplado fluidamente a dicho primer puerto de fluido de trabajo de dicho segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible y dicho segundo puerto de fluido de trabajo de dicho primer dispositivo rotatorio de cámara expansible;

30 en donde dicho sistema está configurado para funcionar como un ciclo de refrigeración de circuito cerrado con un fluido de trabajo monofásico compresible, en donde ambos dispositivos rotatorios de cámara expansible primero y segundo están diseñados y configurados para controlar un caudal másico del fluido de trabajo independientemente de un diferencial de temperatura o presión a través de dichos dispositivos rotatorios de cámara expansible primero y segundo ajustando dichos primer y segundo mecanismos (132, 136) de los respectivos dispositivos rotatorios de cámara expansible primero y segundo.

12. Un sistema de calefacción configurado para transferir calor a un ambiente controlado, comprendiendo el sistema de calefacción:

40 un motor de ciclo abierto acoplado a un motor de ciclo cerrado; dicho motor de ciclo abierto **caracterizado por** primero y segundo dispositivos rotatorios de cámara expansible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8, y dicho motor de ciclo cerrado comprendiendo un tercer y cuarto dispositivos rotatorios de cámara expansible, en donde dichos primer, segundo, tercer y cuarto dispositivos rotatorios de cámara expansible están acoplados mecánicamente entre sí para la operación giratoria acoplada de los mismos;

45 dicho motor de ciclo abierto con una cámara de combustión (709, 711) acoplada a dichos primer y segundo dispositivos rotatorios de cámara expansible y configurada para calentar un primer fluido de trabajo que ha sido comprimido por dicho primer dispositivo rotatorio de cámara expansible, dicho segundo dispositivo rotatorio de cámara expansible configurado para extraer energía de la primera salida de fluido de trabajo por dicha cámara de combustión (709, 711);

50 dicho motor de ciclo cerrado acoplado térmicamente a dicho motor de ciclo abierto mediante un primer intercambiador de calor (801) configurado para transferir calor del primer fluido de trabajo a un segundo fluido de trabajo; y

55 estando dichos tercer y cuarto dispositivos rotatorios de cámara expansible acoplados a dicho primer intercambiador de calor (801) y un segundo intercambiador de calor, formando así un circuito cerrado, estando dicho segundo intercambiador de calor acoplado térmicamente a un entorno controlado de modo que el sistema de calefacción está configurado para transferir calor al entorno controlado;

60 en donde dichos primer y segundo dispositivos rotatorios de cámara expansible están configurados para controlar una presión o temperatura del primer fluido de trabajo independientemente de un caudal másico del primer fluido de trabajo y una velocidad de rotación de dichos dispositivos rotatorios de cámara expansible, dichos segundo y tercer dispositivos rotatorios de cámara expansible están configurados para controlar una presión o temperatura del segundo fluido de trabajo independientemente de un caudal másico del segundo fluido de trabajo y la velocidad de rotación de dichos dispositivos rotatorios de cámara expansible.

65 13. Un método para controlar un dispositivo rotatorio de cámara expansible que tiene un componente rotativo externo que tiene un eje de máquina;

- 5 un componente rotativo interno ubicado en relación con dicho componente rotativo externo para definir una zona de fluido (116, 224) entre dichos componentes interno y externo, comprendiendo dicha zona de fluido (116, 224) una pluralidad de volúmenes de fluido para recibir un fluido de trabajo durante el uso, en donde dichos componentes rotativos interno y externo están diseñados y configurados para acoplarse entre sí de manera que, cuando al menos uno de dichos componentes rotativos interno y externo se mueve continuamente en relación con el otro y alrededor de un eje paralelo a dicho eje de máquina, dichos componentes rotativos interno y externo definen continuamente al menos un arco de contracción, al menos un arco de expansión y al menos un arco de volumen cero dentro de dicha zona de fluido (116, 224),
- 10 al menos un arco de inaccesibilidad donde se niega la comunicación fluida a uno de dicha pluralidad de volúmenes fluidos, teniendo dicho arco de inaccesibilidad una ubicación y tamaño circunferenciales, comprendiendo el método
- 15 cambiar al menos uno de la ubicación o el tamaño del al menos un arco de inaccesibilidad para controlar uno cualquiera de un grupo de parámetros operativos independientemente de cualquiera de los otros parámetros operativos en el grupo, en donde el grupo de parámetros operativos consiste en (1) un diferencial de temperatura o presión del fluido de trabajo a través del dispositivo rotatorio de cámara expansible, (2), una velocidad de rotación del dispositivo rotatorio de cámara expansible y (3) un caudal másico del fluido de trabajo a través del dispositivo rotatorio de cámara expansible.
- 20 14. El método de acuerdo con la reivindicación 13, en donde el dispositivo rotatorio de cámara expansible incluye al menos uno de una pluralidad de puertos de entrada o de una pluralidad de puertos de salida, comprendiendo el método además:
- 25 ajustar al menos uno de una ubicación o una extensión del al menos un arco de inaccesibilidad para controlar un caudal de fluido másico a través de al menos dos de la pluralidad de puertos de entrada y/o salida independientemente de controlar un caudal de fluido másico a través de todos los otros de la pluralidad de puertos de entrada y/o salida.

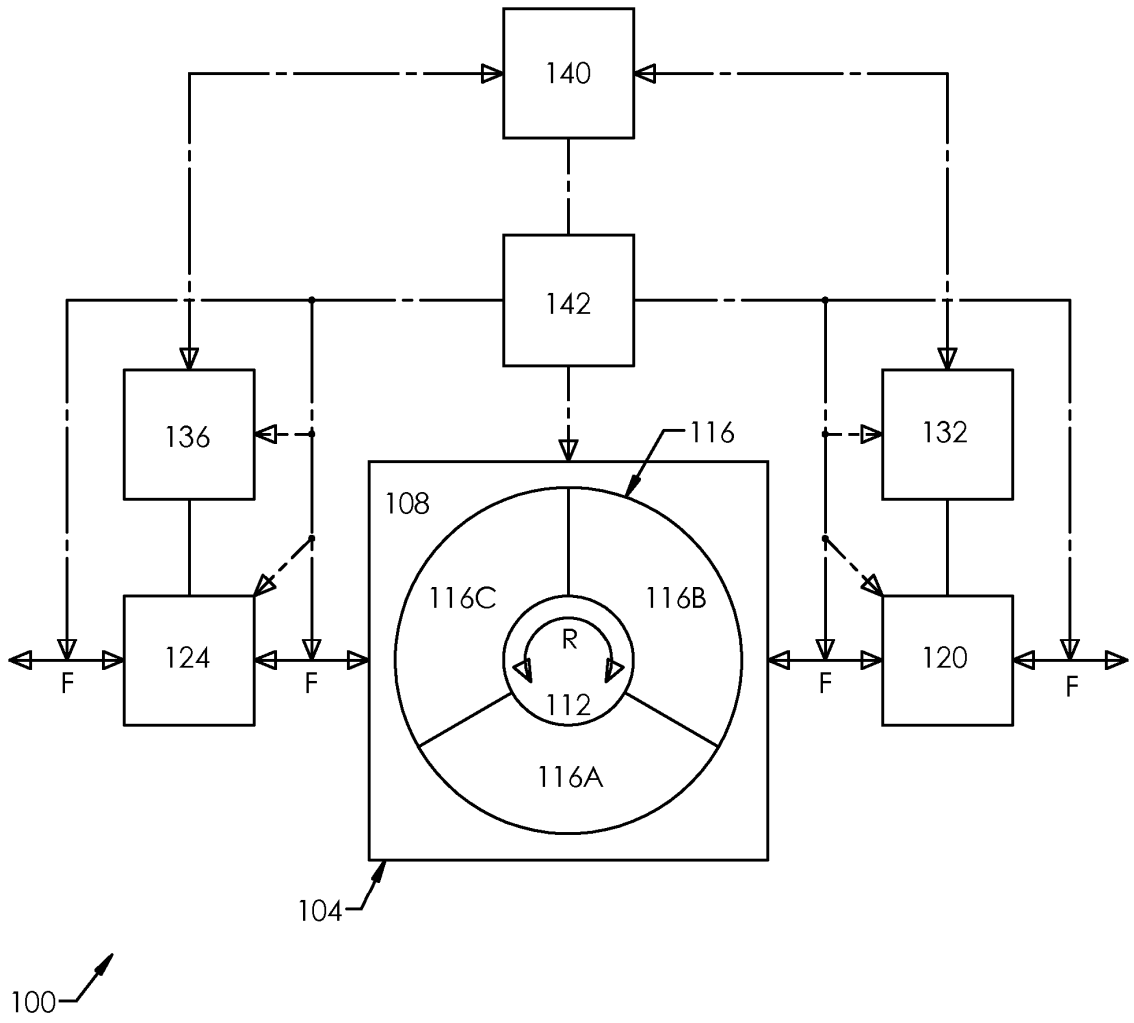


FIG 1

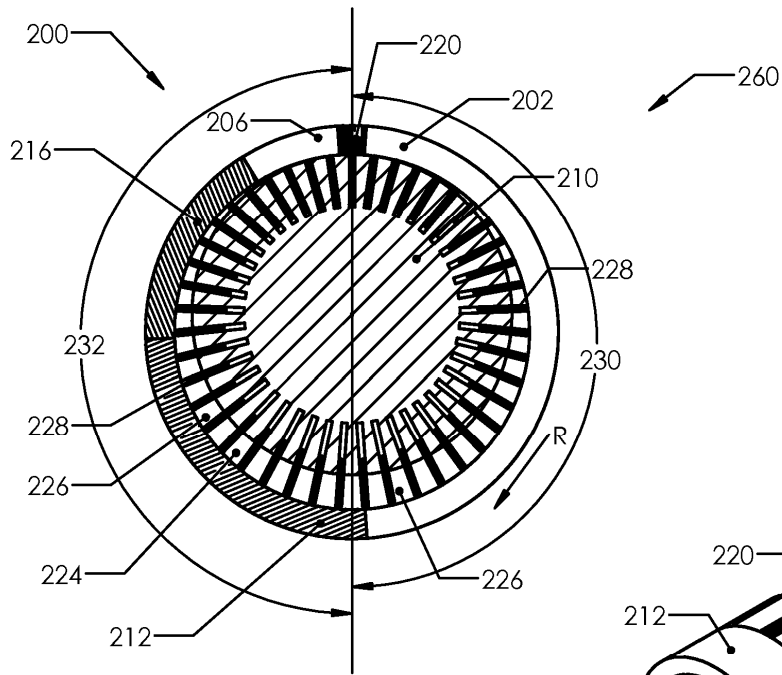


FIG. 2A

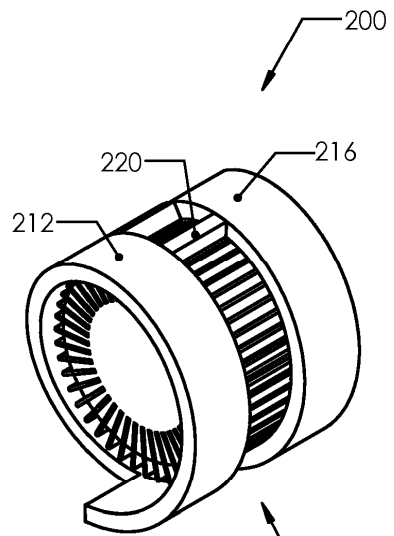


FIG. 2B

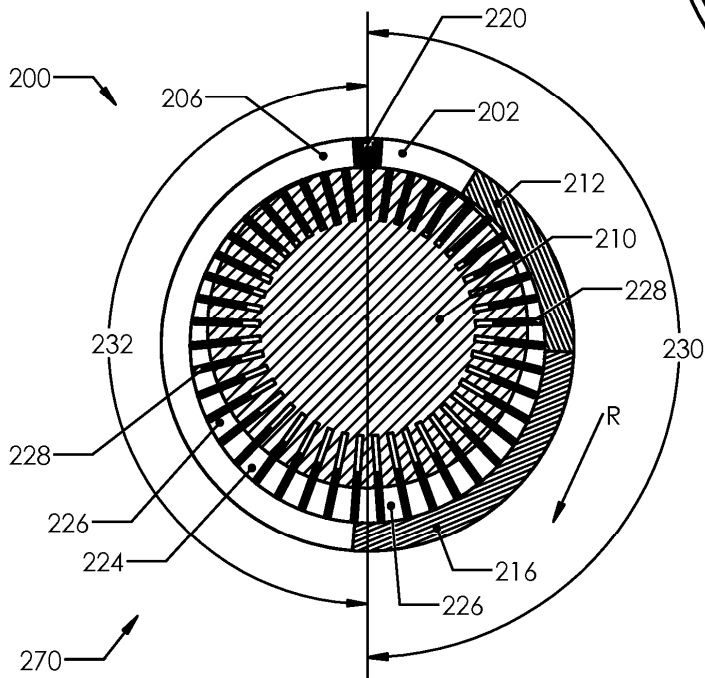


FIG. 2C

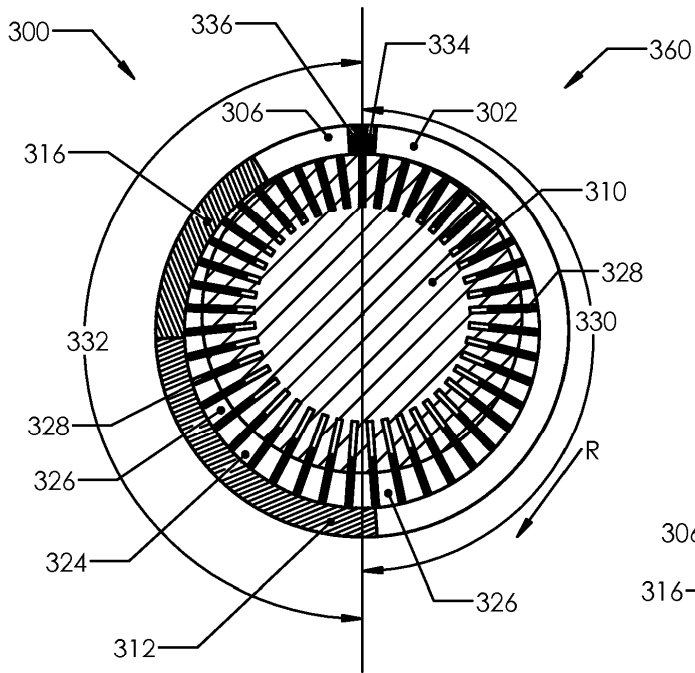


FIG. 3A

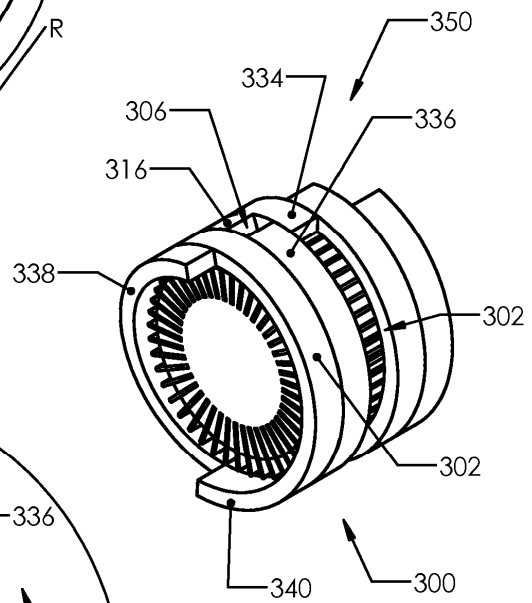


FIG. 3B

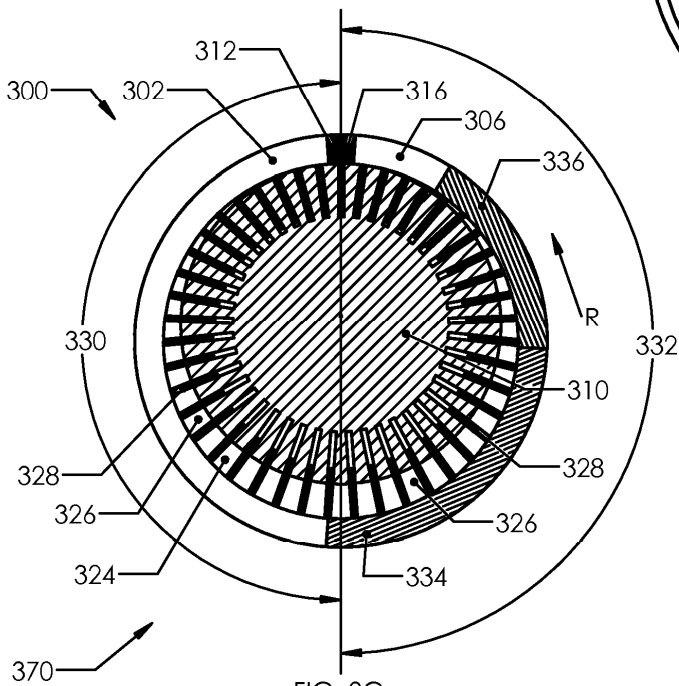


FIG. 3C

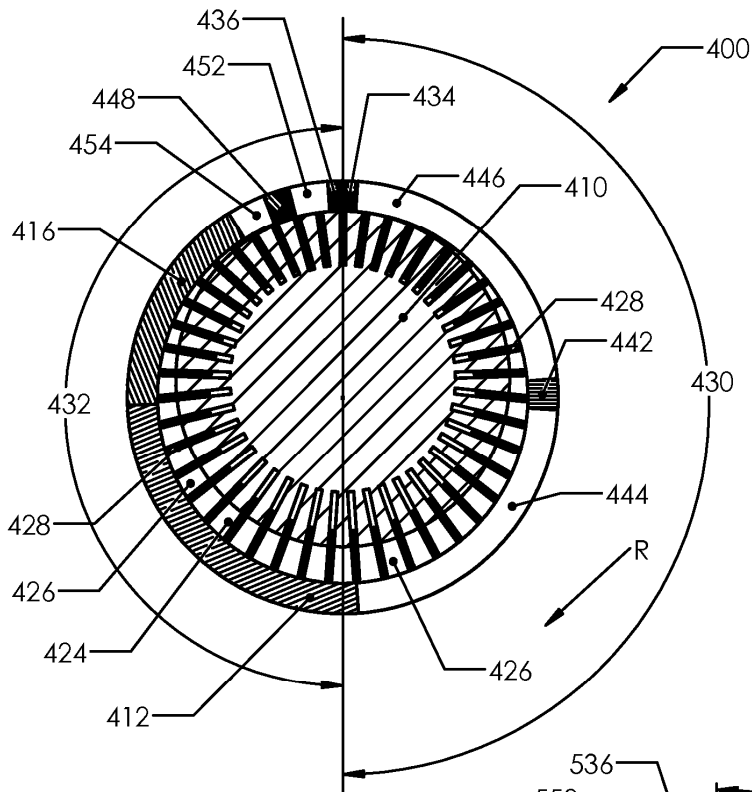


FIG. 4

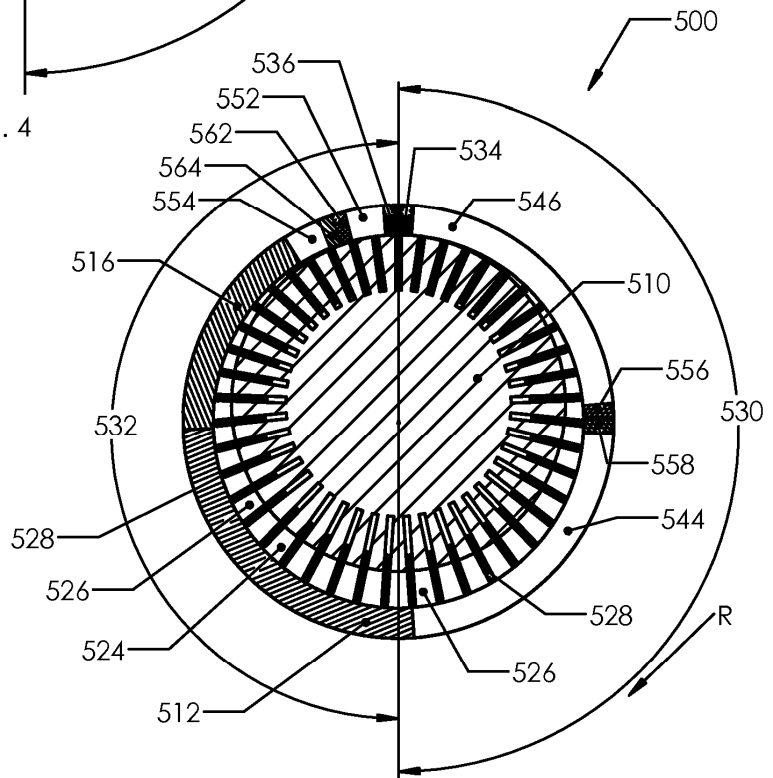


FIG. 5

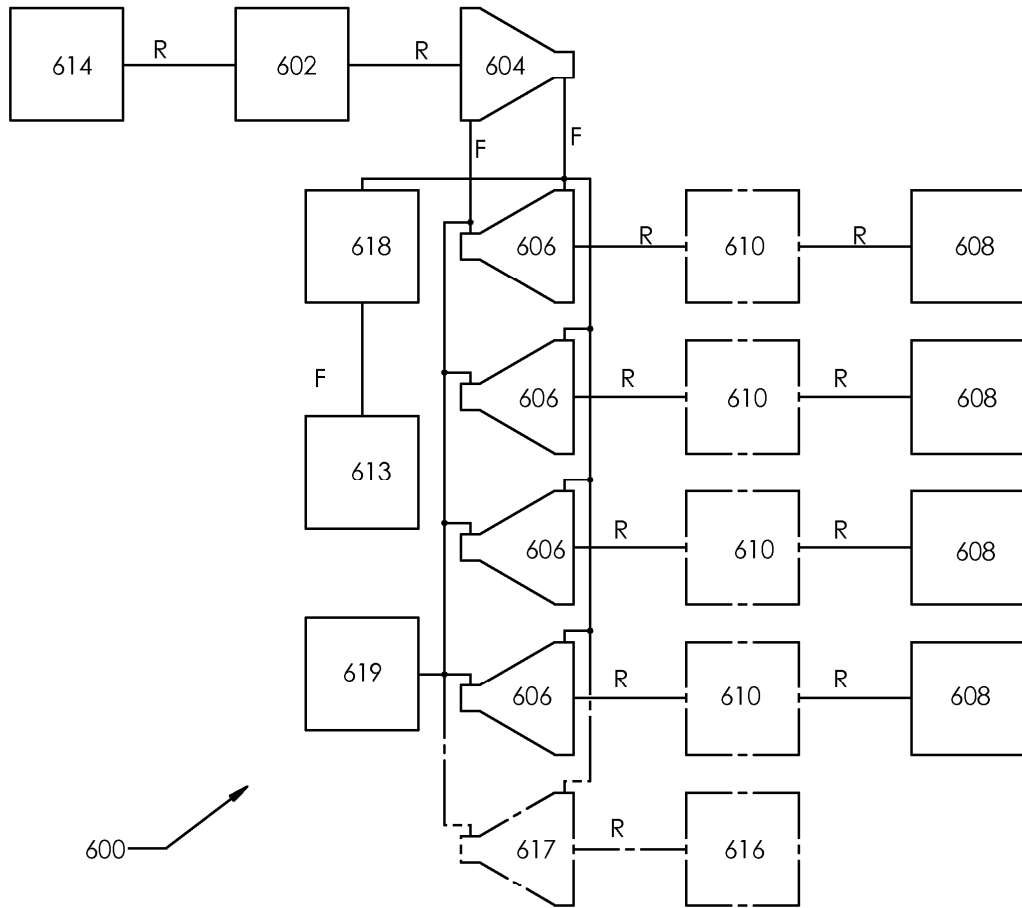


FIG. 6

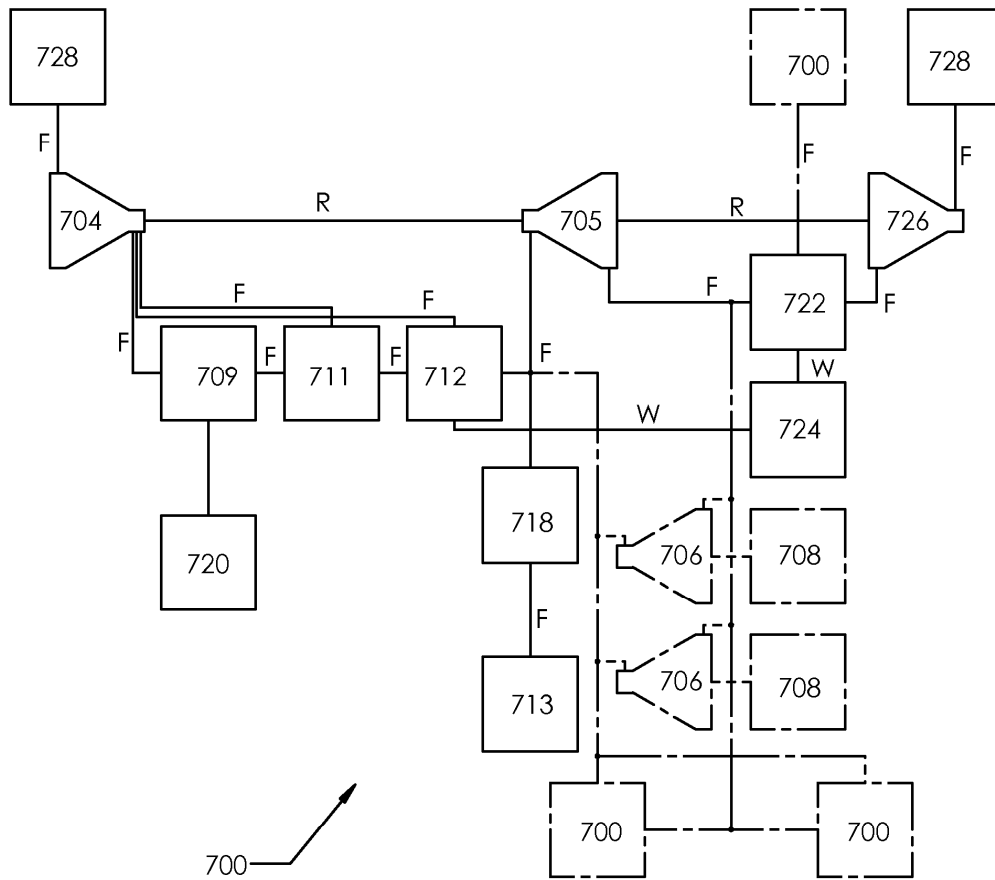


FIG. 7

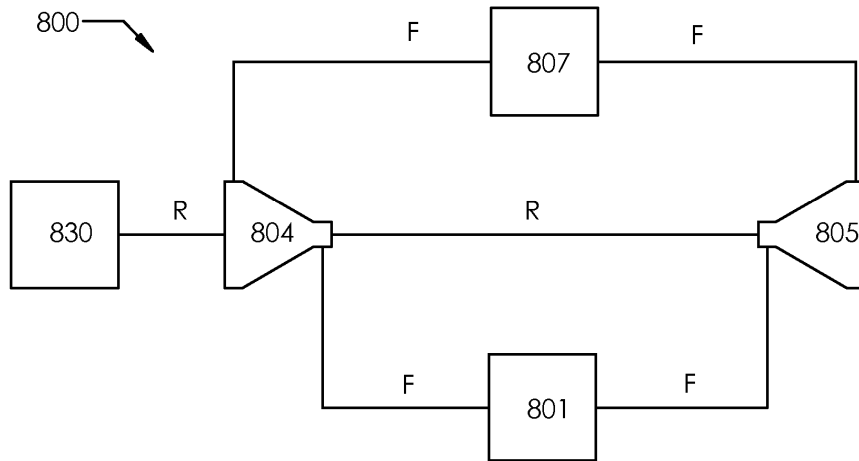


FIG. 8

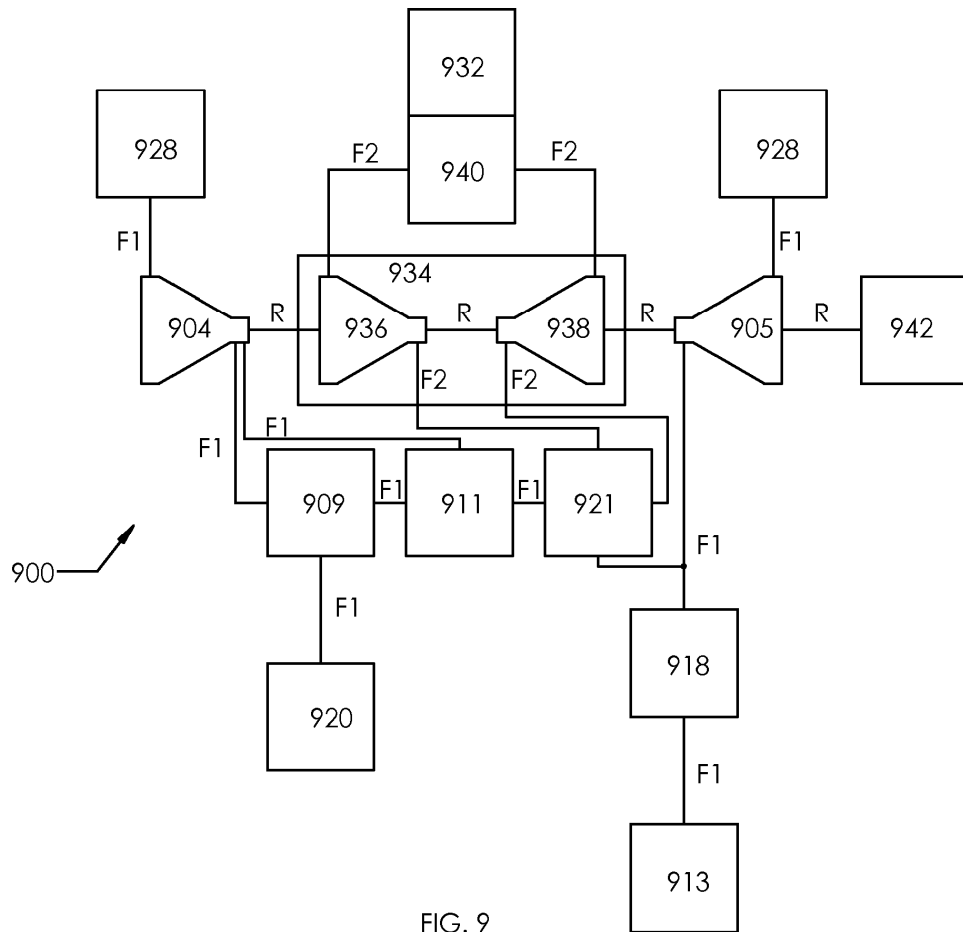


FIG. 9

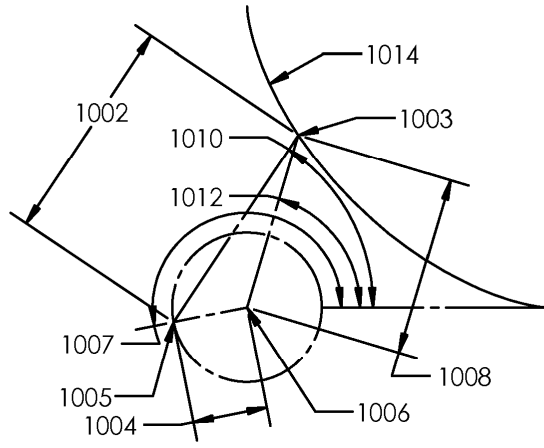


FIG. 10

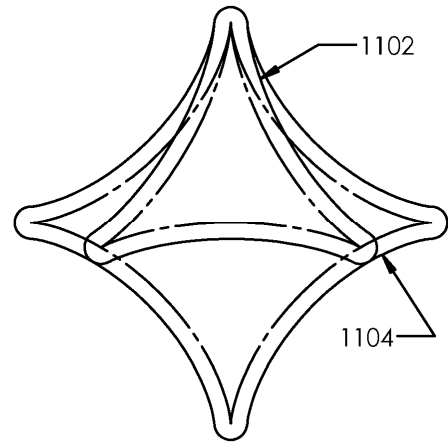


FIG. 11

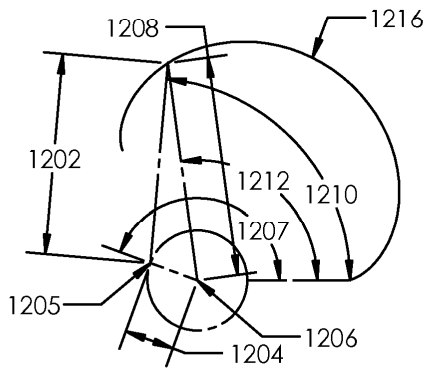


FIG. 12

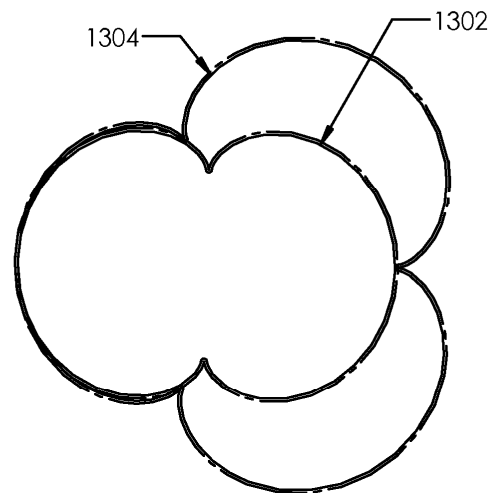


FIG. 13

