

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 912 501**

51 Int. Cl.:

H05B 6/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.08.2019** **PCT/EP2019/071883**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.04.2020** **WO20074157**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.08.2019** **E 19755881 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2022** **EP 3864935**

54 Título: **Calentador de agua por inducción de punto de uso**

30 Prioridad:

11.10.2018 GB 201816593

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

26.05.2022

73 Titular/es:

PRE TECHNOLOGIES LIMITED (100.0%)
163 City Road
London EC1V 1NR, GB

72 Inventor/es:

SEGUI DIAZ-PACHE, LUIS

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 912 501 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

Calentador de agua por inducción de punto de uso

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un calentador de agua por inducción, y en particular a un calentador de agua por inducción de punto de uso.

10 Antecedentes de la invención

Los sistemas de calentamiento de agua, tanto domésticos como industriales, se presentan en dos variedades principales: sistemas de calentamiento de agua centralizados y sistemas de punto de uso. Los sistemas de calentamiento centralizados se basan en calentar el agua en un lugar central, por ejemplo, en una caldera central, y luego transportar el agua calentada a varios puntos de suministro o de flujo de salida de agua caliente en un edificio. Los sistemas de punto de uso se basan en el uso de unidades de calentamiento en línea instaladas directamente junto a cada punto de suministro de agua caliente, y configuradas para calentar el agua instantáneamente cuando se necesita.

20 Los sistemas centralizados pueden utilizar, por ejemplo, gas o energía eléctrica (óhmica) para calentar el agua. También se conocen dispositivos de calentamiento de punto de uso a base de gas y de electricidad.

25 Los sistemas centralizados tienen numerosas desventajas conocidas, como el desperdicio de agua y una importante ineficiencia energética, tanto en el calentamiento del agua como, sobre todo, en el transporte del agua calentada desde el punto de calentamiento central hasta los puntos de suministro. El agua se desperdicia, ya que el agua acumulada en las tuberías de conexión entre el punto de uso y el calentador central suele tener que ser purgada antes de que el agua caliente llegue a la salida. Se desperdicia energía porque el agua pierde calor al pasar por las tuberías de conexión desde el calentador central hasta el punto de suministro.

30 También se desperdicia energía porque el agua caliente se acumula en las tuberías de conexión hasta la salida después de extraer el agua caliente para su uso. Después de extraer el agua caliente, queda una gran cantidad de agua caliente en las tuberías (entre 2 y 5 litros normalmente, a una temperatura de 45-50 °C). La energía térmica de esta agua retenida se pierde al filtrarse por las tuberías al medio ambiente.

35 Se calcula que los consumidores pueden desperdiciar hasta 10 000 litros de agua al año y hasta 600 kWh al año debido a las ineficiencias mencionadas.

40 Además, la descarga inicial de agua provoca un retraso incómodo para los usuarios, que suelen tener que esperar entre 10-20 segundos antes de obtener agua suficientemente caliente. De forma más general, los sistemas centralizados también requieren la instalación de un circuito de agua caliente que recorra todo el edificio para facilitar el suministro (lo que supone un coste inicial de infraestructura y también dificultades de mantenimiento y fiabilidad).

45 Los sistemas centralizados suelen utilizar un sistema de depósito-almacenamiento, en donde el sistema mantiene un determinado volumen de agua calentada y almacenada en un depósito listo para su uso. Esto conlleva una mayor ineficacia, ya que el volumen de agua almacenada debe recalentarse continuamente, o rellenarse con calor, para compensar el calor que se pierde mientras el agua se mantiene en el depósito. Además, el usuario puede tener más inconvenientes, ya que al consumir el volumen de agua caliente almacenado, se produce un largo retraso, ya que el usuario debe esperar a que se caliente y almacene otro volumen de agua para su uso.

50 Los sistemas de calefacción basados de punto de uso mejoran muchos de los problemas asociados a los sistemas centralizados. En particular, debido a la proximidad de la unidad de calentamiento de agua al punto del flujo de salida del agua, se evitan sustancialmente las pérdidas de calor por la transferencia del agua al punto de salida, así como el desperdicio de agua y calor por la necesidad de hacer circular el agua fría de reserva por el sistema. También se reducen considerablemente los tiempos de espera para que el agua caliente llegue al punto de suministro. Se evitan muchas de las ineficiencias asociadas a las soluciones basadas en depósitos, ya que no se mantiene un volumen de agua caliente almacenado y rellenado durante largos periodos.

55 Sin embargo, la tecnología de punto de uso disponible actualmente no está bien desarrollada. Los dispositivos conocidos presentan importantes desventajas que han desalentado su adopción generalizada.

60 En particular, la obtención de la potencia calorífica necesaria para permitir un suministro fiable e instantáneo de agua caliente en todos y cada uno de los puntos de uso ha resultado hasta ahora poco práctica o inviable en términos de coste.

65 En concreto, se conocen actualmente dos tecnologías principales para los puntos de uso: las soluciones de calefacción a base de gas y las soluciones de calefacción eléctrica (óhmica).

Las soluciones a base de gas requieren la instalación de una tubería de suministro de gas separada para cada salida de agua, para alimentar por separado cada unidad de punto de uso. Esto es poco práctico y conlleva importantes costes iniciales.

- 5 Las soluciones eléctricas (óhmicas) son bien conocidas y se utilizan habitualmente para aplicaciones específicas, como el suministro de duchas eléctricas.

10 Sin embargo, su uso generalizado en todo un edificio como única fuente de agua caliente resulta actualmente poco práctico por varias razones. En primer lugar, la potencia disponible es relativamente baja, entre 3 y 11 kW aproximadamente. Esto limita el caudal de agua que se puede calentar.

Sin embargo, lo más importante es que el consumo de energía de los calentadores óhmicos es extremadamente alto, debido a su eficiencia energética relativamente baja.

- 15 Además, la operación de calentamiento por resistencia de los calentadores óhmicos suele requerir complejos o intrincados recorridos de la resistencia, lo que da lugar a unidades de calentamiento relativamente grandes o voluminosas. Los calentadores óhmicos también presentan problemas de fiabilidad debido a la acumulación de cal en el elemento calentador, lo que disminuye el rendimiento térmico y corroe el elemento, lo que acaba provocando una avería.

20 Por lo tanto, la tecnología conocida de calefacción de punto de uso sólo es práctica para complementar un sistema de calefacción centralizado.

25 También se conoce el calentamiento por inducción para sistemas de calentamiento de agua centralizados. Sin embargo, las soluciones de calentamiento por inducción conocidas son limitadas en términos de potencia alcanzable, y también son actualmente muy ineficientes energéticamente para su uso durante un período continuo. También sufren los mismos problemas que todos los sistemas centralizados, por ejemplo, una gran pérdida de calor al transferir el agua a las salidas de suministro remotas.

30 En resumen, las principales desventajas asociadas a los sistemas de calentamiento de agua conocidos son:

- el desperdicio de agua, debido a la necesidad de hacer circular el agua refrigerada por el sistema antes de que el agua caliente llegue a una salida;
- el desperdicio de energía, debido a la pérdida de calor cuando el agua se transfiere desde un calentador central o se almacena en un depósito central, y también por el agua caliente que queda retenida en las tuberías de suministro después de extraerla de una salida;
- el tiempo de espera, ya que el agua enfriada se desplaza por las tuberías de conexión, y el agua caliente se abre paso hasta la salida; y
- el elevado consumo de energía y los problemas de fiabilidad y coste de las soluciones de punto de uso conocidas.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar una solución mejorada de calentamiento de agua capaz de mitigar algunos o todos los problemas descritos anteriormente.

45 El documento DE 102017100564 A1 describe un dispositivo de calentamiento de fluidos, que comprende: un canal de fluido para un medio de transferencia de calor fluido; un cuerpo de transferencia de calor dispuesto en o sobre el canal de fluido o formado por este, con pasajes a través de los cuales puede fluir el medio de transferencia de calor; y un dispositivo de excitación electromagnética que está acoplado inductivamente al cuerpo de transferencia de calor.

50 El documento US 2014/374409 A1 describe un calentador que comprende una carcasa con un canal de fluido dispuesto en ella, con una entrada de fluido y una salida de fluido, en donde se proporciona en la carcasa una bobina que genera un campo magnético alterno y está separada de forma hermética del canal de fluido por una carcasa de bobina. Se proporciona un elemento calentador plano metálico, que puede ser calentado por el campo magnético alterno. El al menos un elemento de calefacción plano está colocado en el canal fluido.

55 Resumen de la invención

La invención se define por las reivindicaciones.

60 De acuerdo con ejemplos de acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un calentador de agua por inducción de punto de uso para su instalación en línea con una tubería de suministro de agua, para calentar el agua que fluye a través de la unidad entre una entrada y una salida; el calentador de agua que comprende:

- un espacio de recepción de agua dispuesto entre la entrada y la salida;
- al menos una bobina de inducción contenida en el espacio de recepción de agua y dispuesta de manera que entre en contacto con el agua que fluye entre la entrada y la salida y ser sumergida por ella; y

al menos un cuerpo conductor de electricidad contenido en el espacio de recepción de agua, y dispuesto para la inducción magnética en este de corrientes eléctricas a través de la activación de la bobina inductora, las corrientes eléctricas para calentar el cuerpo conductor, para así calentar el agua que fluye durante el uso entre la entrada y la salida.

La invención, por lo tanto, hace uso de la tecnología de calentamiento por inducción dentro de una unidad de calentamiento de punto de uso. Sin embargo, para mejorar la eficiencia energética con respecto a la tecnología de inducción conocida, ventajosamente, la propia bobina de inducción está dispuesta en contacto con el agua que fluye. Se ha comprobado que esto conlleva sorprendentes beneficios en términos de eficiencia energética, como se explica a continuación.

Cuando la corriente es activada por cualquier conductor, incluida la bobina inductora, se produce un calentamiento Joule en el cuerpo del conductor. Normalmente, en los calentadores de inducción, el calor generado en la bobina inductora se desperdicia, y su generación reduce la eficiencia energética del calentador. Además, el calor generado conlleva problemas añadidos, ya que el calor debe ser disipado o se proporcionan medios para enfriar la bobina, por ejemplo, un disipador de calor u otros medios de enfriamiento.

De acuerdo con las modalidades de la presente invención, ambos problemas se resuelven ubicando la bobina dentro del espacio de flujo de agua del calentador. Al situar la bobina de inducción en una trayectoria de flujo entre la entrada y la salida, la bobina entra en contacto con el agua que fluye a través de la unidad de calentamiento. De este modo, el calor generado internamente en la bobina inductora se puede transferir directamente al agua que pasa, utilizando así esta energía para contribuir a calentar el agua, y evitando también la necesidad de medios auxiliares de disipación de calor (ya que la propia agua proporciona la función de disipación de calor). De este modo, se aumenta la eficiencia del calentador de agua y se evitan los voluminosos disipadores de calor.

Hasta ahora no se había considerado la posibilidad de ubicar las bobinas inductivas dentro del propio espacio de recepción del agua. Esto puede deberse, en parte, a que es mecánicamente más sencillo colocar la bobina eléctrica fuera del agua (evitando la necesidad de aislar el agua alrededor de los alambres/componentes eléctricos). El mecanismo de inducción magnética, por su naturaleza, permite el calentamiento "a distancia" de los cuerpos conductores dentro del espacio de calentamiento por medio de esta bobina situada fuera de la cámara.

Sin embargo, el solicitante ha encontrado el sorprendente resultado de que el calor Joule generado por la propia bobina puede aportar hasta un 25 % de calor adicional al agua que pasa en comparación con el calor generado por inducción únicamente. Esto aumenta de forma muy significativa la eficiencia del calentador de agua en comparación con las unidades de calentamiento de agua por inducción conocidas.

La gran contribución al efecto de calentamiento se debe, al menos en parte, a la transferencia de calor naturalmente muy eficiente entre la bobina conductora y el agua que pasa por ella. Casi el 100 % del calor Joule generado se transfiere al agua.

El al menos un cuerpo conductor de electricidad incluido en el espacio de recepción de agua actúa como diana de la al menos una bobina inductora. Las corrientes de Foucault eléctricas se inducen en el cuerpo conductor al activar eléctricamente la al menos una bobina inductora (activando la bobina con una corriente alterna).

El calentador de acuerdo con la invención es un calentador de agua de punto de uso. El calentador está diseñado para calentar el agua a medida que fluye a través de la unidad. El espacio de recepción de agua forma un espacio de flujo de agua a través del calentador, a través del cual el agua fluye entre la entrada y la salida, con lo que el agua se calienta a medida que fluye. Preferentemente, el agua no se retiene o almacena en el espacio de recepción de agua con el fin de calentarla. Por ejemplo, el calentamiento puede ser sustancialmente instantáneo. Por ejemplo, el espacio de recepción de agua forma un espacio de calentamiento de agua.

La al menos una bobina inductora está dispuesta de manera que sea sumergida (totalmente) por el agua recibida en el espacio de recepción de agua durante el uso. Esto significa que la al menos una bobina inductora está dispuesta de manera que el agua que fluye entre la entrada y la salida rodea la bobina, por ejemplo, por todos los lados.

La inmersión maximiza la transferencia de calor entre la bobina y el agua. La bobina puede estar completamente rodeada o cubierta por el agua, por ejemplo, rodeada por todos sus lados.

La bobina está dispuesta de manera que entre en contacto con el agua que pasa entre la entrada y la salida. Más concretamente, un alambre conductor o un devanado que forma la bobina puede estar dispuesto de manera que entre en contacto con el agua que fluye entre la entrada y la salida.

La bobina está dispuesta de manera que se comuniquen térmicamente con el agua que fluye durante el uso entre la entrada y la salida, es decir, la bobina está dispuesta de manera que haga contacto o se acople térmicamente con el agua que fluye durante el uso entre la entrada y la salida.

En particular, la bobina puede estar formada por un devanado conductor en espiral o helicoidal. Dicho devanado conductor puede estar dispuesto de manera que haga contacto con el agua.

De acuerdo con uno o más ejemplos, puede haber espacios de flujo de agua entre los devanados de la bobina. Los espacios de flujo son para recibir el agua que fluye durante el uso sobre la bobina entre la entrada y la salida. Por lo tanto, la bobina puede estar estructurada con espacios axiales entre los devanados vecinos (es decir, las vueltas) de la bobina (es decir, los devanados o las vueltas están espaciados axialmente entre sí). Esto significa que el agua que fluye a través del espacio de recepción de agua puede hacer contacto con el alambre conductor de la bobina en todos los lados, incluidas las superficies axiales superior e inferior de las vueltas de la bobina. Esto aumenta la eficacia de la transferencia de calor de la bobina al agua.

De acuerdo con una o más modalidades, puede haber al menos un canal de flujo de agua definido en el espacio de recepción de agua, que tiene una dirección de flujo de agua, la al menos una bobina inductora está dispuesta en dicho canal de flujo de manera que sea sumergida por el agua que fluye durante el uso a través del canal en dicha dirección de flujo. Sumergida significa rodeado de agua por todos los lados.

En este ejemplo, la bobina está dispuesta en una trayectoria de flujo de agua unidireccional, en la que el agua fluye más allá y alrededor de la bobina en todos los lados.

Cuando un alambre o un conductor es activado con una corriente alterna de alta frecuencia, se produce el llamado efecto piel, en donde la densidad de corriente a través del alambre se concentra en una periferia radial de este. Esto tiene el efecto de que el calentamiento Joule en el alambre se maximiza en las regiones hacia la periferia radial, es decir, hacia la superficie exterior radial (o "piel") del alambre.

Ello tiene dos efectos. En primer lugar, la temperatura máxima a la que se calienta el alambre aumenta al concentrarse la corriente en un volumen menor hacia esta periferia, en lugar de en toda la sección transversal del alambre. En segundo lugar, debido a la concentración del calentamiento Joule en la periferia, la transferencia de calor fuera del alambre (tanto radiativa como convectiva y conductiva), se incrementa al concentrarse más calor en áreas más próximas térmicamente a la superficie radial.

En los dispositivos típicos de calentamiento inductivo, ambos efectos son problemáticos para la bobina inductora, ya que aumentan la carga de los medios de disipación de calor para mantener la bobina fría.

De acuerdo con las modalidades de la presente invención, estos efectos son beneficiosos, ya que el calor se utiliza activamente para el calentamiento del agua y, por lo tanto, una mayor transferencia térmica fuera del alambre es ventajosa.

De acuerdo con uno o más ejemplos particulares, la al menos una bobina inductora puede ser activada con una corriente alterna que tenga una frecuencia de al menos 10 kHz, preferentemente al menos 20 kHz, más preferentemente al menos 40 kHz, incluso más preferentemente al menos 60 kHz, por ejemplo al menos 80 kHz.

Como se ha señalado anteriormente, en los dispositivos típicos de calentamiento inductivo, se desea minimizar el efecto piel descrito anteriormente en la bobina inductora, en la que la corriente se concentra hacia una superficie radial del alambre de la bobina inductora. Al menos parcialmente para este fin, típicamente se utiliza cobre para la bobina. El cobre tiene una alta conductividad eléctrica y no es magnético. Estas dos propiedades minimizan el efecto piel.

De acuerdo con las modalidades de la presente invención, puede ser beneficioso mejorar el efecto piel. Al menos parcialmente para este propósito, de acuerdo con una o más modalidades, la bobina inductora y/o los cuerpos conductores eléctricos pueden estar formados de un material de acero inoxidable magnético, por ejemplo, acero inoxidable martensítico o ferrítico.

De acuerdo con una o más modalidades, una carcasa exterior que encierra el espacio de recepción de agua puede actuar como uno de los cuerpos conductores eléctricos dispuestos para ser calentados inductivamente por la al menos una bobina de inducción.

En algunos ejemplos, el espacio de recepción de agua puede estar encerrado por una carcasa conductora eléctrica, una superficie interior de la carcasa dispuesta de manera que entre en contacto con el agua que pasa a través del espacio de recepción de agua entre la entrada y la salida, y la carcasa está dispuesta de manera que sea calentada inductivamente durante el uso por la al menos una bobina inductora al activar la corriente a través de la bobina. Por ejemplo, al menos una parte de la carcasa debe ser conductora de la electricidad. Por encerrado por la carcasa exterior puede entenderse delimitado por la carcasa o, por ejemplo, definido por una cavidad interior de la carcasa.

De acuerdo con una o más modalidades, el calentador de agua puede comprender una pluralidad de bobinas inductoras de diferente diámetro exterior, dispuestas coaxialmente una respecto de la otra. Por diámetro exterior se entiende el diámetro de la forma general de hélice o espiral formada por la bobina, es decir, el diámetro helicoidal.

Dado que las bobinas están situadas dentro del espacio de recepción de agua, resulta más fácil proporcionar múltiples bobinas (y, por lo tanto, mejorar la potencia de calentamiento alcanzable), ya que éstas pueden disponerse en una disposición coaxial eficiente dentro del espacio de recepción de agua. Esta disposición coaxial no es posible cuando las bobinas están confinadas en el exterior de la cámara.

Más particularmente, puede haber delimitado en el espacio de recepción de agua una disposición coaxial de canales de flujo anulares, y la pluralidad de bobinas inductoras estar dispuestas en separado de dichos canales de flujo anulares. Por ejemplo, una correspondiente de la pluralidad de bobinas inductoras puede estar dispuesta en cada canal de flujo anular.

Cada bobina inductora puede estar dispuesta de manera que sea sumergida por el agua que fluye a través del correspondiente canal de flujo en el que está dispuesta. Cada bobina inductora puede estar dispuesta en el correspondiente canal de flujo de manera que el agua que fluye a través del canal fluya por ambos lados (radiales) del devanado de la bobina. La bobina puede estar dispuesta de tal manera que el agua que fluye a través del canal fluya en la misma dirección en ambos lados radiales de los devanados de la bobina.

Por ejemplo, cada bobina inductora puede estar desplazada (radialmente) de ambos lados (radiales) del canal en el que está dispuesta.

Por ejemplo, los canales de flujo anular están divididos o separados o particionados entre sí. Para ello, pueden proporcionarse, por ejemplo, barreras o deflectores adecuados. Preferentemente, los canales de flujo están separados por elementos de partición conductores eléctricos. Para ello, se pueden proporcionar tubos conductores, como se detalla más adelante.

Al proporcionar las bobinas en canales de flujo anulares separados, se facilita la transferencia eficiente del calor Joule generado por la bobina al agua. Cada bobina transfiere este calor al agua que fluye a través de su correspondiente canal de flujo.

El calentador de agua puede comprender una pluralidad de tubos conductores de electricidad de diferente diámetro dispuestos coaxialmente, espacios anulares entre tubos conductores vecinos que forman dicha disposición de canales de flujo anulares, y la pluralidad de bobinas inductoras dispuestas en canales de flujo anulares separados.

En esta disposición, el espacio de recepción de agua está dividido en la pluralidad de espacios de flujo anular por una disposición coaxial de tubos conductores.

Los tubos conductores proporcionan al menos un subconjunto del al menos un cuerpo conductor eléctrico requerido por la invención principal. Los tubos conductores son cuerpos tubulares conductores eléctricos. Los tubos conductores proporcionan el o los objetivos del calentamiento inductivo.

Los términos "tubos conductivos" y "tubos conductores" pueden utilizarse indistintamente en esta descripción.

Este conjunto de una o más modalidades proporciona una disposición de tubos conductores y bobinas inductoras intercalados o insertados coaxialmente.

Al disponer los tubos conductores intercalados coaxialmente entre las bobinas inductoras, se consigue un calentamiento inductivo máximo de los tubos conductores. Esto se debe a que los tubos conductores se colocan muy cerca y ligeramente desplazados radialmente de una bobina inductora determinada. Esto corresponde generalmente a una región de máxima densidad de campo magnético alrededor de la bobina inductora, ya que es una región donde los campos magnéticos circulantes de cada bucle de la bobina se combinan y refuerzan con mayor fuerza. El posicionamiento coaxial permite así que cada tubo conductor se sitúe en esta región de campo máximo, maximizando la magnitud de las corrientes inducidas.

Además, dado que las bobinas están situadas en el propio espacio de calentamiento del agua, esto permite que todos y cada uno de la pluralidad de tubos se sitúen en estrecha proximidad radial a una bobina correspondiente, permitiendo que cada tubo conductor se beneficie de un calentamiento maximizado. Por lo tanto, se incrementa la eficiencia global de calentamiento del dispositivo. Esto no es posible cuando las bobinas están confinadas en el exterior de la cámara de agua, ya que esta colocación exterior limita un grado de proximidad de la bobina a los cuerpos conductores diana colocados dentro de la cámara de agua. Cada cuerpo coaxial adicional está a una distancia radial mayor de la bobina y, por tanto, dentro de una región de campo más débil. Además, más cuerpos conductores radialmente hacia fuera protegerán al menos parcialmente los cuerpos radialmente hacia dentro de los campos magnéticos generados, inhibiendo o incluso impidiendo completamente el calentamiento inductivo de estos cuerpos interiores.

Además, la colocación de bobinas coaxialmente entre tubos adyacentes permite que al menos un subconjunto de los tubos se sitúe entre un par coaxial de bobinas. En esta región, la intensidad de campo se ve reforzada por la superposición constructiva de los campos generados por las dos bobinas radialmente vecinas (siempre que la corriente

conducida a través de las dos bobinas discurra en direcciones circunferencialmente opuestas). De este modo, se consigue un efecto de proximidad positivo que aumenta el calentamiento del tubo conductor intercalado.

Además, con esta disposición se consigue la máxima transferencia de calor. Esto se debe a que cada tubo conductor calentado se coloca en contacto directo con el agua que fluye a través de los canales anulares, y cada bobina inductora se coloca en contacto con el agua que fluye. Por lo tanto, las superficies calentadas de todas las piezas están en contacto directo con el agua que fluye. El agua se calienta en cada lado radial del canal por las caras de los tubos conductores, y se calienta además en una región central del canal por la superficie de la bobina inductora.

De acuerdo con una o más modalidades ventajosas, uno de dicha pluralidad de tubos conductores eléctricos puede definir una parte de una carcasa exterior que encierra el espacio de recepción de agua.

Por ejemplo, una carcasa que encierra el espacio de recepción de agua puede comprender un cuerpo tubular conductor eléctrico cubierto en cada extremo por un elemento de cubierta, y en donde dicho cuerpo tubular forma uno de dichos tubos conductores dispuestos coaxialmente.

De acuerdo con cualquier ejemplo divulgado en el presente documento, la pluralidad de bobinas inductoras puede ser alimentada eléctricamente de tal manera que una corriente a través de bobinas radialmente vecinas corre en direcciones circunferencialmente opuestas. Como se ha señalado anteriormente, esto permite que en un espacio radial entre bobinas coaxialmente adyacentes, los campos magnéticos generados por las dos bobinas interfieran constructivamente. Esto permite que los tubos conductores colocados entre las bobinas se sitúen en regiones de máxima intensidad de campo. De este modo, se maximiza el calentamiento inductivo del tubo conductor.

Los canales de flujo anular se pueden conectar en serie de fluidos entre sí, para definir un único camino de flujo continuo entre la entrada y la salida del calentador a través de dicha pluralidad de canales de flujo anular conectados.

Los canales de flujo anulares están así conectados en serie para definir una trayectoria de fluido continua desde la entrada hasta la salida. Pueden conectarse, por ejemplo, de extremo a extremo para definir un único recorrido de flujo continuo.

Al definir un único recorrido de flujo, se puede aumentar la transferencia total de calor posible al agua que fluye a través de la unidad, ya que la misma agua pasa a través de múltiples canales de flujo de calentamiento, cada uno de los cuales proporciona contacto con una bobina inductora correspondiente y/o tubos conductores calentados.

De acuerdo con uno o más ejemplos, los canales de flujo anulares pueden estar conectados de manera que se defina una trayectoria de flujo laberíntica entre la entrada y la salida a través de dichos canales de flujo anulares.

Por ejemplo, los canales anulares pueden estar conectados de extremo a extremo en serie, definiendo así una trayectoria de flujo laberíntica.

Un recorrido de flujo laberíntico aumenta la agitación del agua, o la turbulencia, a medida que el agua pasa por la unidad de calentamiento. Esto es beneficioso para fomentar la mezcla o agitación del agua, de modo que el calor transferido se distribuye rápidamente de manera uniforme en toda la profundidad del agua para maximizar la transferencia continua de calor al agua (es decir, para evitar la acumulación de agua caliente sólo en las interfaces agua-inductor y agua-destino).

De acuerdo con una o más modalidades, una sección transversal anular de cada uno de los canales de flujo anulares se puede configurar para proporcionar una velocidad de flujo uniforme a través de cada canal, es decir, las secciones transversales anulares de los canales de flujo se pueden configurar de manera que la velocidad de flujo del agua sea la misma a través de cada canal. La sección transversal anular se refiere al área de la sección transversal a través de un canal dado a través del plano paralelo con el radio anular del canal, es decir, a través del plano perpendicular a la longitud axial del canal, o, equivalentemente, la dirección del flujo de agua a través del canal.

Esto proporciona una caída de presión uniforme a través de cada canal del dispositivo de calentamiento, en donde iguala la caída de presión a través de todas las secciones del espacio de calentamiento. La disposición también proporciona una transferencia de calor uniforme en cada canal.

Para facilitar esta velocidad de flujo común a través de cada canal, los canales de flujo anular pueden estar configurados, en particular, con un área de flujo de sección transversal anular común o uniforme, es decir, los canales de flujo anular tienen cada uno la misma área de flujo de sección transversal anular.

El área de flujo de la sección transversal significa el área de la sección transversal a través de cada canal anular por el que fluye el agua durante el uso. El área de flujo de la sección transversal puede ser igual al área total de la sección transversal anular menos el área de la sección transversal ocupada por la bobina inductora correspondiente en el canal de flujo dado.

De acuerdo con una o más modalidades, la disposición de los canales de flujo anulares puede estar dispuesta extendiéndose circunferencialmente alrededor de un canal de flujo axial interno, el canal de flujo axial conecta fluidamente la disposición de los canales anulares a la salida de la unidad de calentamiento.

5 Esto proporciona una disposición de canales de flujo eficiente en términos de espacio.

El canal de flujo interno se puede extender axialmente a través de la mitad de la disposición de canales de flujo anulares, por ejemplo, centralmente a través de la mitad de los canales de flujo anulares.

10 Un extremo exterior radial de los canales de flujo anulares puede estar conectado de forma fluida a la entrada del calentador de agua.

De acuerdo con una o más modalidades, la pluralidad de bobinas inductoras puede estar conectada eléctricamente en serie. Esto permite la conducción de todas las bobinas simultáneamente, y en fase entre sí, con una sola señal de conducción, por ejemplo.

De acuerdo con una o más modalidades, el calentador puede comprender además una cubierta exterior eléctricamente aislante. Ésta puede, por ejemplo, estar dispuesta alrededor de una carcasa conductora eléctrica que encierra el espacio de recepción de agua. Puede envolverse alrededor de la carcasa, por ejemplo. Puede estar en contacto directo con la carcasa conductora eléctrica, o bien una o más capas o componentes pueden estar situados entre la cubierta y la carcasa, como uno o más capacitores.

De acuerdo con una o más modalidades ventajosas, el calentador de agua puede comprender además un capacitor acoplado eléctricamente a la bobina inductora, para formar así un circuito resonante que comprende la bobina inductora y el capacitor; el circuito resonante tiene una frecuencia de resonancia eléctrica. Para facilitar la referencia, este capacitor puede ser denominado en esta descripción como un capacitor resonante. Esto se refiere a un capacitor que forma parte de dicho circuito resonante con la al menos una bobina inductora.

La bobina acoplada y el capacitor forman juntos un circuito resonante LC.

El acoplamiento de la bobina con un capacitor para formar un circuito de resonancia aumenta significativamente la eficiencia eléctrica del dispositivo. Durante el uso, la energía puede oscilar o resonar entre las capacidades de almacenamiento de la bobina y el capacitor. Esto significa que la energía introducida en la bobina inductiva (para impulsar la generación de un campo) no se pierde al descargarla de la bobina. En su lugar, la energía se transfiere al capacitor antes de volver a descargarse en la bobina inductora. Sólo es necesario suministrar energía al circuito para compensar la energía transferida activamente a los cuerpos conductores por la inducción magnética y las pérdidas resistivas en los alambres.

La frecuencia de resonancia es una función de la capacitancia C del capacitor y de la inductancia L del inductor. La frecuencia angular de resonancia, ω_0 , en un circuito simple se puede determinar, por ejemplo, a partir de la ecuación estándar, $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$, donde C es la capacitancia del capacitor y L es la inductancia de la bobina inductora.

La resonancia del circuito, y por lo tanto la conservación de la energía, sólo se logra cuando el circuito es conducido a su frecuencia de resonancia.

De acuerdo con una o más modalidades, la unidad de calentamiento puede comprender además un generador adaptado para activar la bobina inductora a dicha frecuencia de resonancia, es decir, activar la bobina con una señal de activación eléctrica de corriente alterna que tenga una frecuencia igual a dicha frecuencia de resonancia.

50 Sin embargo, hay diferentes opciones en cuanto a cómo se genera y suministra la señal de activación eléctrica para la al menos una bobina.

En una serie de modalidades, el calentador de agua puede estar configurado como un calentador autónomo, configurado para recibir una fuente de alimentación de corriente alterna, y que comprende todos los componentes necesarios para procesar y transformar dicha alimentación en una señal de activación de corriente alterna adecuada que tenga una frecuencia que coincida con la frecuencia de resonancia antes mencionada para activar la al menos una bobina a la frecuencia de resonancia. A modo de ejemplo, esto puede incluir un rectificador CA-CD, un banco de capacitores suavizado CD y un inversor CD-CA (formado, por ejemplo, por un conjunto de transistores o IGBT dispuestos, por ejemplo, en configuración de puente H), que convertirá la energía CD rectificada en la señal de activación CA de frecuencia deseada. En este caso, puede entenderse que el calentador dispone de un generador local para generar la señal de activación de CA para activar la o las bobinas, ya que comprende localmente todos los componentes necesarios para generar la señal de activación.

65 Alternativamente, el calentador de agua se puede configurar para su uso dentro de un sistema de calentamiento de agua más amplio en el que uno o más de los componentes eléctricos para generar la señal de activación están situados

a distancia del propio calentador, es decir, lejos del lugar de uso en el que está instalado el calentador, por ejemplo, situado en una ubicación central remota conveniente.

Por ejemplo, el calentador de agua se puede configurar para su uso dentro de un sistema de calentamiento de agua que comprende un conjunto de generación situada a distancia de cada uno de los calentadores de punto de uso (por ejemplo, a distancia de la área de punto de uso de cada unidad de calentador), y en la que este generador central realiza parte o la totalidad del procesamiento eléctrico necesario en la generación de la señal de activación para el suministro a la al menos una bobina inductora, para activar la bobina en resonancia. Esto puede conllevar ventajas de seguridad, ya que no es necesario suministrar por separado una fuente de alimentación de muy alto amperaje al punto de uso de cada calentador de punto de uso incluido en el sistema. Por ejemplo, se puede dirigir un único suministro de red al único generador central, y la alimentación eléctrica de cada calentador puede ser una señal transformada de menor corriente, por ejemplo. Esto significa, por ejemplo, que las corrientes de mayor energía se aíslan en el generador remoto o central lejos del punto de uso.

De acuerdo con una serie de modalidades, se puede proporcionar un calentador de agua que tenga un conector de entrada de energía para recibir una señal de activación eléctrica de CA desde el exterior del calentador que tenga una frecuencia que coincida con dicha frecuencia de resonancia, y el calentador configurado para proporcionar dicha señal de activación recibida al circuito resonante, para activar al menos una bobina inductora a dicha frecuencia de resonancia. En algunos ejemplos, el conector de entrada de energía puede ser un conector que se extiende desde el exterior de una carcasa o cubierta exterior del calentador hasta el interior de la carcasa o cubierta del calentador.

Un calentador de agua de acuerdo con este conjunto de modalidades sería adecuado, por ejemplo, para su uso dentro de un sistema de calentamiento de agua que comprende un conjunto de generación remoto separado que está configurado para emitir una señal de activación eléctrica de CA a la frecuencia de resonancia del circuito resonante del calentador. Por lo tanto, en este ejemplo, se supone que todos los procesos para generar la señal de activación ya se han llevado a cabo fuera del calentador, por ejemplo en un generador remoto, o en cualquier otro generador auxiliar. Por lo tanto, es preferible que el calentador no incluya ningún convertidor de energía CD-CA entre la conexión de entrada de energía y el circuito resonante. La señal de activación recibida en la conexión de entrada de energía puede ser entregada al circuito resonante sin ninguna otra conversión o transformación de energía. Por ejemplo, la señal de activación recibida en la conexión de entrada de energía puede ser entregada al circuito resonante sin conversión CD-CA. Preferentemente, el calentador tampoco comprende un convertidor CA-CD para convertir un suministro de CA de entrada en una señal inicial de CD rectificada.

Esta disposición es beneficiosa, ya que el dispositivo de calentamiento situado de punto de uso puede comprender menos componentes, por ejemplo, sólo los componentes eléctricos proximales necesarios para el calentamiento: la bobina inductora y, en algunas modalidades propuestas, el capacitor resonante. Esto reduce el tamaño total de la unidad de calentamiento.

De acuerdo con un conjunto alternativo de modalidades, el calentador de agua puede comprender un conector de entrada de energía para recibir una entrada de energía de CD desde el exterior del calentador,

el calentador comprende un convertidor local de CD a CA dispuesto para recibir y transformar la entrada de energía de CD en una señal de activación eléctrica de CA para activar la al menos una bobina inductora, y el calentador dispuesto para proporcionar dicha señal de activación eléctrica de CA al circuito resonante para activar la al menos una bobina inductora.

Por lo tanto, en este conjunto de modalidades, la unidad de calentamiento es adecuada para recibir una señal de entrada de energía de CD rectificada, y el calentador mismo comprende medios locales para convertir esta señal de CD en la señal de activación de CA para activar la oscilación de la al menos una bobina inductora. Este calentador puede ser adecuado para su uso, por ejemplo, dentro de un sistema de calefacción que tiene un generador remoto en el que el generador remoto, por ejemplo, procesa un suministro de red entrante en una señal de CD rectificada, y luego suministra esta señal de CD como una señal de entrada de energía de CD para cada uno de uno o más calentadores de punto de uso que comprende el sistema.

En los ejemplos preferidos, dicha señal de activación eléctrica de CA generada por los medios locales de conversión CD-CA tiene una frecuencia de CA que coincide (o coincide sustancialmente) con la frecuencia de resonancia del circuito resonante de la bobina inductora. Esta es la configuración más eficiente y segura.

Por lo tanto, preferentemente, en este conjunto de modalidades el calentador no comprende ninguna conversión de CA a CD entre la conexión de entrada y el convertidor de CD-CA. El calentador está configurado para recibir una señal de alimentación de CD desde el exterior del calentador.

Los convertidores de CD a CA pueden estar situados en el interior de una carcasa o cubierta exterior del calentador, la carcasa o cubierta que incorpora el espacio de recepción de agua, de manera que el conector de entrada de energía se puede extender desde el exterior de la carcasa o cubierta exterior hasta el interior de la carcasa o cubierta exterior. Por ejemplo, el calentador puede comprender una cubierta exterior eléctricamente aislante como cubierta más externa

del calentador y en donde el conector de entrada de energía se extiende desde el exterior de dicha cubierta exterior aislante hasta el interior. Alternativamente, los convertidores de CD a CA pueden estar situados justo fuera de la carcasa o cubierta exterior del calentador. Puede estar acoplado físicamente a la carcasa del calentador, por ejemplo, a través de un marco o estructura de soporte, y conectado eléctricamente al circuito resonante dentro de la carcasa. En cualquier caso, el convertidor de CD-CA está situado de punto de uso del calentador, localizado en la carcasa del calentador que contiene el espacio de recepción de agua.

Por lo tanto, en este conjunto de modalidades, los elementos que transforman la energía de CD en CA de alta frecuencia están situados en estrecha proximidad o dentro de la unidad del calentador del punto de uso. Esto conlleva la ventaja de que la transmisión de señales eléctricas alternas de alta frecuencia se limita al área del punto de uso, más preferentemente al interior del recinto del calentador.

Así se supera un posible inconveniente de las disposiciones alternativas, en las que la señal eléctrica alterna de alta energía y alta frecuencia tiene que transportarse desde la unidad generadora centralizada hasta uno o más calentadores individuales de punto de uso. Esto puede dar lugar a riesgos potenciales si el alambre que conecta el generador remoto y los calentadores de los puntos de uso no está debidamente protegido contra los campos electromagnéticos, ya que el campo radiado puede interactuar de forma no deseada con el entorno. Esto podría dar lugar a la inducción de ruido electromagnético en los dispositivos electrónicos o eléctricos situados en las proximidades de los alambres y/o inducir calor en los elementos conductores situados en las proximidades del alambre. De acuerdo con el conjunto de modalidades anteriores, la señal de activación de CA está confinada de punto de uso del propio calentador.

El convertidor de CD-CA puede comprender uno o más transistores, que son preferentemente transistores bipolares de puerta aislada (IGBT). Los convertidores de CD-CA comprenden preferentemente una pluralidad de transistores, por ejemplo conectados en configuración de puente H.

La señal de entrada de corriente continua puede ser una señal de entrada de corriente continua pulsada, y los convertidores de CD-CA están configurados para transformar dicha señal de entrada de corriente continua pulsada en dicha señal de activación de CA para activar la al menos una bobina inductora a dicha frecuencia resonante. La forma pulsante de CD limita el riesgo potencial de inducción electromagnética externa.

De acuerdo con otras modalidades ventajosas, el calentador de agua puede comprender un filtro eléctrico que se conecta eléctricamente entre los convertidores de CD-CA y el conector de entrada de energía, adaptado para inhibir la transmisión de los componentes de la señal de CA desde los convertidores de CD-CA hacia el conector de entrada.

La función de este filtro es filtrar las pulsaciones de alta frecuencia generadas por los convertidores de CD-CA, aislando éstas del conector de entrada de energía y, durante el uso, de cualquier componente eléctrico anterior, como un generador. Esto tiene el efecto de que las pulsaciones de alta frecuencia se filtrarán de las secciones eléctricamente aguas arriba de la línea de entrada de energía. Por ejemplo, en los casos en que el calentador está conectado a un generador remoto que emite la señal de alimentación de CD, las pulsaciones de alta frecuencia se filtran del alambre de conexión y de los componentes eléctricos internos del propio generador. Como resultado, una señal eléctrica de CD estable y sin pulsaciones será transportada a través del alambre que conecta dicho generador y el calentador del punto de uso.

Esto es ventajoso ya que la pulsación de alta frecuencia, a pesar de su naturaleza de CD (no alternante), puede inducir ruido y/o calentamiento en los equipos y estructuras circundantes.

Al proporcionar un medio de filtrado, se evita ventajosamente la necesidad, por ejemplo, de alambres especialmente blindados o coaxiales. Este paso innovador puede reducir la complejidad y el coste de un alambre de entrada de energía que suministre a cada calentador de punto de uso, por ejemplo alimentado desde un generador remoto, y también hace que el calentador sea más seguro de operar, ya que sólo se transportará tensión y corriente continua a través de los alambres de alimentación. Todas las corrientes alternas de alta frecuencia se limitarán al área del punto de uso o, más ventajosamente, al recinto del calentador de agua del punto de uso, lejos del usuario y, por ejemplo, protegido de las emisiones electromagnéticas.

Preferentemente, los medios de filtrado eléctrico comprenden uno o más capacitores de filtrado.

De acuerdo con uno o más ejemplos, los convertidores de CD-CA y/o cualquier otro componente para su uso en la generación de la señal de activación de CA para la conducción de las bobinas inductoras pueden estar dispuestos en comunicación térmica con la unidad del calentador de agua, por ejemplo con una sección de la superficie externa del recinto exterior del calentador de agua.

De acuerdo con una o más modalidades, el calentador de agua puede incluir un medio de disipación de calor acoplado térmicamente al convertidor de CD-CA, y adaptado para disipar el calor generado por el convertidor de CD-CA.

Disipar en este contexto significa transferir el calor fuera o lejos de los convertidores de CD-CA. Los medios de disipación de calor pueden ser, por ejemplo, pasivos, como un disipador de calor, y/o activos, como un ventilador u otro elemento de enfriamiento.

5 De acuerdo con una o más modalidades, los convertidores de CD-CA pueden estar dispuestos en comunicación térmica con el espacio de recepción de agua, para transferir calor al agua que fluye a través de dicho espacio de recepción de agua entre la entrada y la salida. Los convertidores de CD-CA pueden estar aislados eléctricamente del espacio de recepción de agua, pero acoplados térmicamente.

10 En modalidades ventajosas, los convertidores de CD-CA pueden estar dispuestos en comunicación térmica con el espacio de recepción de agua a través de un elemento de transferencia de calor que tiene al menos una parte dispuesta de manera que haga contacto con (u opcionalmente ser sumergida por) el agua que fluye durante el uso entre la entrada y la salida.

15 Esta disposición ofrece dos ventajas. En primer lugar, se elimina la necesidad de cualquier medio de disipación de calor adicional para el inversor CD-CA. En segundo lugar, el calor generado por estos componentes (típicamente desperdiciado en los dispositivos conocidos) se utiliza de forma beneficiosa para contribuir al calentamiento en línea del agua.

20 El elemento de transferencia de calor puede comprender, por ejemplo, una estructura o cuerpo térmicamente conductor. Puede comprender, por ejemplo, un disipador de calor.

De acuerdo con una o más modalidades, el elemento de transferencia de calor puede tener una forma que defina un orificio central, y estar dispuesto de manera que el orificio defina un canal de flujo de agua dispuesto para recibir el agua que fluye entre la entrada y la salida, para transferir el calor de los convertidores de CD-CA al agua que pasa a través del canal.

El calentador de agua puede comprender una cubierta exterior eléctricamente aislante, que encierra (por ejemplo, que contiene o incorpora o encierra o cubre) el espacio de recepción de agua, y el capacitor resonante (el capacitor que comprende el circuito resonante) está contenido dentro de la cubierta. Por ejemplo, el capacitor puede estar contenido o dispuesto en una cavidad interior definida dentro de dicha cubierta exterior.

El capacitor puede estar dispuesto en el espacio de recepción de agua, en contacto fluido con el agua que fluye a través del espacio, por ejemplo, sumergido en el agua, o puede estar dispuesto aislado fluidamente del agua pero alojado dentro de la cubierta exterior.

Al situar el capacitor dentro de la cubierta exterior aislante, toda la energía eléctrica reactiva queda confinada de forma segura dentro de la cubierta exterior. La única energía que debe suministrarse desde el exterior de la cubierta exterior de la unidad de calentamiento es, por ejemplo, la necesaria para "completar" el circuito resonante con la energía que se pierde al calentar el agua y la necesaria para cargar inicialmente el circuito resonante (energía "activa").

El confinamiento de la alta potencia reactiva en el interior de la cubierta aislante mejora significativamente la seguridad eléctrica, ya que está aislada eléctricamente de forma segura de los usuarios.

45 De acuerdo con ejemplos ventajosos, el capacitor resonante (el capacitor que forma parte del circuito resonante con la al menos una bobina inductora) puede estar dispuesto en comunicación térmica con el espacio de recepción de agua para transferir calor al agua que fluye a través de dicho espacio entre la entrada y la salida.

La carga y descarga del capacitor resonante (el capacitor que forma parte del circuito resonante con las bobinas inductoras) y/o cualquier capacitor de filtro incluido (descrito anteriormente) conduce a la generación de calor interno dentro del capacitor. En los dispositivos típicos de calentamiento inductivo, este calor se desperdicia y, además, causa problemas ya que debe disiparse para evitar el sobrecalentamiento, por ejemplo, con un disipador de calor u otros medios de enfriamiento. Al disponer el capacitor resonante y/o cualquier capacitor de filtro incluido de forma que se acoplen térmicamente con el espacio de recepción de agua, este calor puede ser capturado y utilizado de forma útil para contribuir al calentamiento del agua. El acoplamiento térmico con el agua también resuelve el problema de la disipación del calor, proporcionando un disipador de calor integrado a través del agua.

Son posibles diferentes opciones para acoplar térmicamente el capacitor resonante y/o cualquier capacitor de filtro incluido con el agua.

En una serie de modalidades, el capacitor resonante y/o cualquier capacitor de filtro incluido pueden estar contenidos dentro de dicha cubierta exterior aislante, aislada fluidamente del espacio de recepción de agua pero en comunicación térmica con el espacio de recepción de agua. Por ejemplo, el capacitor resonante y/o cualquier capacitor de filtro incluido pueden estar aislados fluidamente del espacio de recepción de agua por un elemento térmico conductor. Por ejemplo, el espacio de recepción de agua puede estar contenido dentro de una cámara de calentamiento de agua,

siendo al menos una porción de una pared exterior de la cámara térmicamente conductora, y el capacitor dispuesto térmicamente acoplado a, es decir, en contacto directo con, dicha al menos porción de la pared de la cámara.

De acuerdo con una serie de modalidades ventajosas, el espacio de recepción de agua puede estar encerrado por una carcasa conductora eléctrica, una superficie interior de la carcasa dispuesta de manera que entre en contacto con el agua que pasa a través del espacio de recepción de agua entre la entrada y la salida, y la carcasa está dispuesta de manera que sea calentada inductivamente durante el uso por la al menos una bobina inductora al activar la corriente a través de la bobina, y

en donde el capacitor resonante y/o cualquier capacitor de filtro incluido están dispuestos envueltos coaxialmente alrededor del exterior de la carcasa conductora eléctrica, en comunicación térmica con la carcasa, pero aislados eléctricamente de ella.

Se ha comprobado que esta disposición conduce a una transferencia de calor muy eficaz desde el capacitor o capacitores al agua que fluye a través del espacio de recepción de agua, ya que la superficie total de transferencia de calor es grande.

En algunos ejemplos, el capacitor(es) resonante(s) y/o filtrante(s) puede(n) disponerse enrollado(s) alrededor del tubo conductor más externo, formando este tubo la carcasa conductora exterior.

De acuerdo con una o más modalidades a modo de ejemplo, el espacio de recepción de agua puede estar configurado de tal manera que el agua procedente de la entrada fluya en primer lugar a través del canal de flujo anular radial más externo. Esto significa que la temperatura del agua que fluye a través de este canal de flujo anular será la más baja, que va desde la temperatura de entrada y aumenta hasta un nivel de temperatura intermedio, ya que continuará aumentando en los canales de agua subsecuentes aguas abajo. Esto significa que un capacitor resonante y/o un capacitor de filtro enrollado alrededor de esta carcasa conductora externa y en comunicación térmica con ella estará expuesto a una temperatura del agua relativamente baja, eliminando eficazmente el calor generado por el bobinado del capacitor.

En otra serie de modalidades, el capacitor resonante y/o cualquier capacitor de filtro incluido puede estar contenido dentro del espacio de recepción de agua, aislado fluida y/o eléctricamente del agua, y en comunicación térmica con el agua que pasa. El capacitor resonante y/o los capacitores de filtro pueden estar sellados fluidamente del agua en el espacio de recepción de agua.

El capacitor resonante y/o cualquier capacitor de filtro incluido pueden estar contenidos dentro del espacio de recepción de agua, aislados eléctricamente del agua que fluye a través del espacio, y en comunicación térmica con el agua que pasa.

Esta disposición proporciona la transferencia de calor más eficiente al agua desde el capacitor. La disposición permite utilizar una cantidad máxima del calor generado por el capacitor para calentar el agua.

Hasta ahora no se había considerado la posibilidad de situar el capacitor en el propio espacio de recepción del agua. Tradicionalmente, se ha preferido mantener los capacitores alejados del agua, ya que las fugas de agua en el capacitor pueden causar fallos eléctricos.

Sin embargo, el solicitante ha encontrado el sorprendente resultado de que, cuando está situado en el espacio de recepción del agua, y convenientemente aislado para evitar la entrada de fluidos, el capacitor puede aportar hasta un 10 % de calor adicional al agua en comparación con el calentamiento inductivo por sí solo. Esto aumenta significativamente la eficiencia del calentador de agua. Este importante beneficio de eficiencia compensa cualquier coste asociado a los requisitos estructurales adicionales de sellado/aislamiento de fluidos del capacitor.

De acuerdo con uno o más ejemplos, un cuerpo del capacitor resonante puede definir una forma anular con un orificio central, y el capacitor está dispuesto en el espacio de recepción de agua de manera que el orificio define un canal de flujo de agua dispuesto para recibir el agua que fluye entre la entrada y la salida.

Esto proporciona una disposición muy eficiente en cuanto a espacio. El canal de flujo permite una transferencia de calor eficiente del capacitor al agua (a través de las paredes laterales del orificio), al tiempo que permite el flujo libre del agua.

Además, puede haber un conjunto de aletas radiales de disipación de calor dentro del orificio del capacitor, acopladas térmicamente al capacitor, para acoplar el calor al agua que pasa por el orificio.

Las aletas pueden extenderse radialmente hacia dentro desde una pared interior del orificio hacia el centro de este, con trayectorias de flujo libre definidas entre aletas adyacentes (tangencialmente). Las aletas aumentan la superficie total de transferencia de calor entre el capacitor y el agua, aumentando así la eficacia de la transferencia de calor.

El canal de flujo de agua definido por (el orificio de) el capacitor puede estar conectado de forma fluida a la entrada de la unidad de calentamiento de agua.

5 Cuando el espacio de recepción de agua incluye dicha disposición de canales de flujo anulares delineados, el canal de flujo de agua del capacitor puede conectar fluidamente dicha entrada con la disposición anular de canales de flujo.

10 Los ejemplos de acuerdo con otro aspecto de la invención proporcionan un sistema de calentamiento de agua que comprende: una pluralidad de salidas de agua para proporcionar el flujo de salida de agua; y un correspondiente calentador de agua de punto de uso de acuerdo con cualquier modalidad o ejemplo descrito anteriormente o a continuación o de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la presente solicitud, el calentador de agua instalado en línea con cada una de dichas salidas de agua para suministrar agua calentada a cada salida.

15 Los ejemplos de acuerdo con otro aspecto de la invención proporcionan un sistema de calentamiento de agua que comprende:

20 una o más salidas de agua para proporcionar el flujo de salida de agua; un correspondiente calentador de agua de punto de uso de acuerdo con cualquier ejemplo o modalidad descrita anteriormente o de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la presente solicitud, instalado en línea con cada una de dichas salidas de agua para suministrar agua calentada a cada salida; y un conjunto de generación remoto o central, dispuesto en comunicación eléctrica con cada uno de los correspondientes calentadores de agua de punto de uso, y configurado para proporcionar una señal de alimentación eléctrica a cada uno de los calentadores para alimentar eléctricamente al menos la activación de la bobina inductora de cada calentador.

25 El conjunto de generación remoto proporciona un único generador central dispuesto para alimentar todos los calentadores de uno o más puntos de uso del sistema.

30 El conjunto de generación está preferentemente conectado a cada punto de uso del calentador por uno o más alambres.

35 De acuerdo con las modalidades de este aspecto de la invención, se propone proporcionar un generador de inducción central en conexión eléctrica a cada uno de los calentadores de agua de punto de uso para alimentar eléctricamente cada calentador. Preferentemente, el generador se proporciona colocado remoto con respecto a cualquier punto de uso y en conexión eléctrica con cada uno de los calentadores de agua de punto de uso. El generador central o remoto realiza al menos una parte de los procesos de conversión o transformación eléctrica utilizados en la generación de una señal de activación alterna para activar la al menos una bobina inductora de cada calentador. Esto proporciona beneficios, ya que, por ejemplo, no es necesario proporcionar una conexión de red de alta potencia separada a cada punto de uso. Esto proporciona beneficios de seguridad. También permite, de acuerdo con ciertas modalidades, un control inteligente del suministro de energía para evitar el exceso de consumo de energía por parte de varios calentadores a la vez. En cambio, el generador central puede regular el suministro de energía a cada calentador, por ejemplo.

45 El generador remoto está separado físicamente, es decir, espaciado, de cada uno de los calentadores de agua. Por ejemplo, puede estar situado en una sala diferente de cada uno de los calentadores o al menos de uno o más de los calentadores. Puede estar situado a una distancia mayor de cada uno de los calentadores que la salida de agua correspondiente de cada calentador, por ejemplo. Puede estar, por ejemplo, a una distancia de al menos 2 m de cada calentador de agua, por ejemplo, al menos 3 m, por ejemplo, al menos 5 m. En algunos casos, puede estar al menos a 10 m de distancia. Estos son sólo ejemplos y no limitan en absoluto el concepto inventivo general.

50 En una serie de modalidades preferidas, cada calentador de punto de uso comprende una carcasa o cubierta exterior, y todos los componentes del calentador están contenidos dentro de esta carcasa o cubierta. Sin embargo, en otras modalidades posibles, uno o más componentes de cada calentador podrían estar situados justo fuera de la carcasa o cubierta del calentador (que contiene al menos el espacio de recepción de agua), por ejemplo, acoplados físicamente a la carcasa del calentador, por ejemplo, mediante una estructura o marco de montaje. Sin embargo, todos los componentes de cada calentador están situados de punto de uso local que comprende la salida de agua para el calentador correspondiente.

60 En algunos ejemplos, cada calentador de agua correspondiente puede situarse a una distancia de la salida de agua correspondiente no superior a 1-2 metros, por ejemplo no superior a 1 metro, por ejemplo no superior a 0,5 metros. Esto limita la pérdida de calor del agua hacia el entorno durante el recorrido del agua entre el calentador del punto de uso y la salida de agua. Sin embargo, estas distancias representan sólo ejemplos y no limitan en modo alguno el concepto inventivo general.

65 La energía suministrada a la al menos una bobina inductora de cada calentador del sistema puede pasar a través de un conjunto de componentes eléctricos comprendidos en el sistema configurado para convertir la energía eléctrica

entrante, por ejemplo, la energía de la red eléctrica, y/o la energía de la batería, en una señal de activación alterna que tenga una frecuencia adecuada para activar la al menos una bobina, por ejemplo, a una frecuencia de resonancia de un circuito resonante del que forma parte la bobina. A modo de ejemplo, pueden incluir un rectificador CA-CD, un banco de capacitores suavizado CD y un inversor CD-CA, por ejemplo formado por un conjunto de transistores o IGBT dispuestos, por ejemplo, en configuración de puente H, para convertir la energía CD rectificada en la señal de activación CA de alta frecuencia deseada. Algunos de estos componentes pueden estar situados en el generador central del sistema y, por tanto, ser compartidos por todos los calentadores de punto de uso del sistema. Uno o varios de ellos pueden no ser compartidos y estar situados localmente en cada punto de uso del calentador. Existen diferentes opciones sobre cómo se distribuyen los componentes entre el generador central y el o los calentadores de punto de uso.

En algunos ejemplos, el generador central puede comprender un convertidor CA-CD para convertir una alimentación de CA de entrada en una señal de CD rectificada, y un convertidor de CD-CA configurado para dar salida, basándose en dicha señal de CD rectificada, a una señal de activación de CA para activar la al menos una bobina inductora del circuito resonante. La señal de activación de CA de salida puede tener preferentemente una frecuencia que coincida con una frecuencia de resonancia del circuito de bobina resonante de cada calentador.

En este caso, cada calentador puede estar configurado para recibir una señal de activación de CA y proporcionar esta señal a la una o más bobinas o al circuito resonante, y cada calentador preferentemente no incluye un convertidor CA-CD o un convertidor de CD-CA entre un conector de entrada de energía y el circuito resonante del calentador.

De acuerdo con una o más modalidades, cada calentador de agua de punto de uso correspondiente puede estar configurado para recibir una señal de entrada de corriente continua, y en donde el conjunto de generación remoto está configurada para suministrar esta señal de entrada de corriente continua a cada calentador.

La señal de entrada de corriente continua se emite desde el generador remoto y se lleva a cada calentador a través de un alambre de conexión correspondiente, por ejemplo.

El generador remoto puede estar preparado para recibir una entrada de corriente alterna. El conjunto de generación puede comprender convertidores de CA a CD configurados para convertir dicha entrada de alimentación de CA en una señal de alimentación de CD de salida para suministrarla a cada uno de los calentadores de agua correspondientes. La entrada de corriente alterna puede proceder de cualquier fuente adecuada, incluida, por ejemplo, una red de suministro de corriente alterna. El conjunto de generación puede comprender una conexión de entrada de red en ejemplos particulares.

El generador remoto puede comprender además uno o más capacitores suavizado eléctricamente aguas abajo de los convertidores CA-CD. Esto puede comprender un banco de capacitores más suaves.

De acuerdo con un conjunto ventajoso de modalidades, el conjunto de generación puede comprender una entrada de energía primaria para recibir energía de entrada desde el exterior del generador, y comprender además una o más baterías; y el conjunto de generación que comprende medios de control configurados para implementar selectivamente

un modo de carga en el que la batería se carga a través de la energía recibida a través de la entrada de energía primaria, dicha entrada de energía primaria se utiliza para generar cada una de dichas señales de suministro de energía para el suministro a cada uno de los calentadores correspondientes; y

un modo de extracción de la batería en el que la energía almacenada en la batería se utiliza como entrada de energía secundaria para generar cada una de las señales de suministro de energía correspondientes, ya sea sola o además de la entrada de energía primaria.

En algunos ejemplos, los medios de control pueden estar configurados para implementar el modo de consumo de la batería para complementar la fuente de alimentación primaria durante los períodos de alto consumo de energía, por ejemplo, cuando varios calentadores de punto de uso están consumiendo energía simultáneamente.

Por ejemplo, los medios de control pueden supervisar el consumo total de energía del conjunto de generación, y en respuesta a la detección de que el consumo de energía excede un nivel de umbral predefinido, o por ejemplo excede la entrada de energía primaria, los medios de control pueden activar el modo de consumo de la batería. Por ejemplo, puede pasar del modo de carga al modo de extracción de la batería. Así, cuando la energía eléctrica instantánea disponible es limitada y está por debajo de las necesidades del calentador o calentadores en funcionamiento, la batería eléctrica puede utilizarse para proporcionar parte de o toda la energía eléctrica necesaria.

Esto permite, ventajosamente, el funcionamiento simultáneo de múltiples calentadores de punto de uso dentro de un sistema, y a la máxima energía, a pesar de los posibles límites en el suministro máximo de corriente de la red eléctrica en el sistema. Los sistemas conocidos, por ejemplo, están muy restringidos en cuanto al número de calentadores de punto de uso que pueden funcionar simultáneamente, y/o la energía máxima de salida de cada calentador, ya que el consumo total de energía está limitado por el suministro máximo de corriente en la vivienda. Mediante el uso de una

batería suplementaria que se carga durante los periodos de bajo consumo de energía, el suministro de energía a los calentadores puede ser reforzado durante los periodos de alta demanda.

De acuerdo con ejemplos ventajosos, se puede proporcionar un medio de filtro eléctrico entre la una o más baterías y los restantes componentes del generador, para filtrar las altas frecuencias. El uso de las baterías, junto con los capacitores de filtrado para filtrar las altas frecuencias proporciona una configuración muy segura y eficiente para la entrada a un inversor aguas abajo, por ejemplo.

De acuerdo con las modalidades preferidas, el sistema de calentamiento de agua puede comprender un medio de control configurado para controlar la frecuencia de CA de la señal de activación de CA suministrada al circuito resonante de cada calentador de agua para hacer oscilar al menos una bobina inductora de cada calentador. La señal de activación de CA es emitida por un convertidor de CD-CA que puede estar ubicado centralmente en el generador remoto, o puede incluirse un convertidor de CD-CA separado como parte de cada calentador. En cualquier caso, los medios de control pueden controlar la generación de una o más señales guía indicativas de una salida de frecuencia de CA objetivo del convertidor de CD-CA, en la que la conversión CD-CA significa está adaptada para generar una señal de activación de CA de salida de acuerdo con la frecuencia indicada de la señal guía.

Estos medios de control pueden estar ubicados centralmente en el conjunto de generación remoto, y en donde las una o más señales guía se comunican a cada uno de los uno o más calentadores a través de una conexión por alambre o inalámbrica.

Alternativamente, al menos una parte de los medios de control puede estar distribuida entre uno o más calentadores, por ejemplo, de manera que la una o más señales guía para un calentador correspondiente dado se generen localmente en dicho calentador. Esta disposición evita posibles problemas de transmisión de la señal guía desde el generador centralizado hasta los convertidores de CD-CA para cada calentador, cuando este último está situado a distancia en el punto de uso. Se sabe que estos sistemas son sensibles a la distancia entre el generador de la señal guía (por ejemplo, uno o más elementos conductores de la puerto) y los componentes de conversión CD-CA receptores (por ejemplo, transistores o IGBT). Esto se puede superar colocando los elementos de generación de la señal guía (por ejemplo, el controlador de puerto) localmente como parte de cada calentador de punto de uso correspondiente.

De acuerdo con las modalidades preferidas, el sistema puede incluir medios de control electrónico adaptados para supervisar y reactivar a una o más entradas del sistema (por ejemplo, entradas del usuario o entradas del sensor) como parte de un bucle de retroalimentación cerrado. Por ejemplo, un usuario puede establecer una temperatura de agua deseada para uno o más calentadores del sistema. Los medios de control pueden leer esta entrada, leer de un sensor de temperatura la temperatura de salida real y reactivar a las divergencias entre los dos parámetros en un calentador determinado ajustando un nivel de energía de calentamiento del calentador correspondiente, por ejemplo. Los medios de control pueden estar centralizados o distribuidos entre uno o más calentadores de agua en diferentes ejemplos.

Los medios de control también pueden leer una o más entradas del usuario y/o parámetros del sistema, como la deposición de energía eléctrica y la temperatura del agua. La deposición de energía eléctrica en cada unidad de calentador de punto de uso puede ser supervisada y controlada.

Un aspecto adicional de la invención proporciona el uso de una bobina inductora colocada en el interior de un espacio de recepción de agua de un calentador de agua, para hacer contacto con el agua que fluye a través del espacio, para calentar inductivamente uno o más cuerpos conductores situados en el espacio de recepción de agua para calentar el agua.

Ejemplos de acuerdo con otro aspecto de la invención proporcionan un método de calentamiento de agua por inducción de punto de uso para calentar agua en línea con una tubería de suministro de agua, el método comprende: recibir agua en un espacio de recepción de agua, el espacio de recepción de agua está dispuesto entre una entrada y una salida; activar al menos una bobina inductora contenida en el espacio de recepción de agua y dispuesta de manera que haga contacto con (y/o sea sumergida por) el agua que fluye durante el uso entre la entrada y la salida con una corriente para así inducir magnéticamente corrientes eléctricas en al menos un cuerpo conductor contenido en el espacio de recepción de agua para calentar el cuerpo conductor, y para así calentar el agua que fluye durante el uso entre la entrada y la salida.

Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes y elucidados con referencia a las modalidades) descritas a continuación.

Breve descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de la invención, y para mostrar más claramente cómo se puede llevar a cabo, se hará referencia ahora, solo a modo de ejemplo, a los dibujos acompañantes, en los cuales:

La Figura 1 muestra una vista isométrica de un ejemplo de calentador de agua de acuerdo con una o más modalidades;
 La Figura 2 muestra una sección transversal del calentador de agua de ejemplo de la Figura 1;
 La Figura 3 muestra una vista exterior del calentador de agua de ejemplo de la Figura 1;
 Las Figuras 4-5 ilustran una disposición de bobina inductora de ejemplo para su uso en un calentador de agua de
 5 acuerdo con una o más modalidades;
 La Figura 6 muestra una vista despiezada del calentador de agua de ejemplo de la Figura 1;
 Las Figuras 7-9 ilustran la distribución de la intensidad del campo magnético alrededor de una bobina inductora de
 ejemplo de acuerdo con una o más modalidades;
 La Figura 10 ilustra la velocidad del flujo de agua a través de un canal de flujo de agua de un calentador de agua de
 10 ejemplo de acuerdo con una o más modalidades;
 La Figura 11 ilustra anchos de canal de flujo ventajosos para un calentador de acuerdo con una o más modalidades;
 Las Figuras 12 y 13 ilustran otro calentador de agua de ejemplo de acuerdo con una o más modalidades, el calentador
 incorporando un capacitor resonante;
 Las Figuras 14-16 muestran vistas de un capacitor de ejemplo para su inclusión en un calentador de agua de ejemplo
 15 de acuerdo con una o más modalidades;
 Las Figuras 17-18 ilustran la conexión eléctrica de una disposición de bobina inductora de ejemplo a un capacitor para
 su uso en un calentador de agua de acuerdo con una o más modalidades;
 Las Figuras 19 y 20 ilustran otro calentador de agua de ejemplo de acuerdo con una o más modalidades, el calentador
 incorporando un convertidor de CD-CA;
 La Figura 21 muestra otra vista de los componentes eléctricos del calentador de las Figuras 19 y 20;
 La Figura 22 muestra los convertidores de CD-CA del calentador de las Figuras 19-20;
 La Figura 23 muestra otra vista de los componentes eléctricos de la modalidad del calentador de las Figuras 19 y 20;
 y
 La Figura 24 ilustra esquemáticamente la disposición eléctrica de un sistema de calentamiento de agua de ejemplo de
 25 acuerdo con una o más modalidades.

Descripción detallada de las realizaciones

La invención se describirá con referencia a las Figuras.

Debe entenderse que la descripción detallada y los ejemplos específicos, si bien indican modalidades ejemplares del
 aparato, los sistemas y los métodos, están pensados únicamente con fines ilustrativos y no pretenden limitar el alcance
 de la invención. Estas y otras características, aspectos y ventajas de los aparatos, sistemas y métodos de la presente
 invención se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción, las reivindicaciones adjuntas y los dibujos
 35 acompañantes. Debe entenderse que las figuras son meramente esquemáticas y no están dibujadas a escala.
 También debe entenderse que se usan los mismos números de referencia en todas las Figuras para indicar las mismas
 partes o partes similares.

La invención proporciona un calentador de agua por inducción de punto de uso que tiene un espacio de recepción de
 40 agua dispuesto entre una entrada y una salida, y al menos una bobina inductora dispuesta en el espacio de recepción
 de agua, dispuesta de manera que haga contacto con el agua que fluye entre la entrada y la salida. Al menos un
 cuerpo conductor está también contenido en el espacio de recepción de agua, y dispuesto para ser calentado
 inductivamente por la bobina inductora al activar la bobina con una corriente.

Como se ha señalado anteriormente, los calentadores típicos tienen la bobina de inducción externa al espacio de
 calentamiento del agua. Al situar la bobina inductora dentro del espacio de recepción del fluido, se consiguen dos
 ventajas principales. En primer lugar, el calor Joule generado por la bobina se puede utilizar de forma útil para calentar
 el agua, ya que se transfiere directamente al agua que pasa por encima de la bobina en su recorrido desde la entrada
 hasta la salida. En segundo lugar, se ha habilitado la posibilidad, de acuerdo con ciertas modalidades, de proporcionar
 50 bobinas en estrecha proximidad a más de un conductor objetivo, o incluso intercalar bobinas y cuerpos conductores,
 lo que permite mejorar en gran medida la densidad de calentamiento y la salida.

Además, los calentadores típicos con la bobina inductora externa al espacio de recepción de agua requieren medios
 auxiliares para enfriar la bobina de inducción, o disipar el calor generado, por ejemplo con un disipador de calor. Al
 55 situar la bobina en contacto fluido con el agua que fluye, la propia agua realiza la función de disipador de calor.

Las Figuras 1-3 ilustran un primer ejemplo de calentador de inducción de punto de uso de acuerdo con una o más
 modalidades de la presente invención. La Figura 1 muestra una vista isométrica recortada que ilustra un interior de la
 unidad. La Figura 2 muestra una vista en sección transversal a lo largo de un plano axial del calentador. La Figura 3
 60 muestra una vista isométrica de un exterior de la unidad.

El calentador 12 comprende una entrada 18 y una salida 20 con un espacio de recepción de agua 22 definido entre la
 entrada y la salida. En el ejemplo de la Figura 1, el espacio de recepción de agua 22 está formado por una cavidad o
 cámara interior definida dentro de una carcasa exterior 14, estando la carcasa exterior formada por un cuerpo tubular
 65 32 conductor eléctrico, el cuerpo tubular está cubierto en cada extremo axial por los correspondientes elementos de
 cubierta 33a, 33b. La entrada 18 y la salida 20 se conectan de forma fluida a los correspondientes extremos axiales

de la carcasa tubular, cada uno de los cuales se extiende a través de uno de los correspondientes elementos de la cubierta.

En algunos ejemplos, se puede proporcionar además una cubierta exterior eléctricamente aislante que envuelve la carcasa (conductor eléctrico) 14 que encierra el espacio de recepción de agua. Esto puede incluir, por ejemplo, una capa aislante de plástico que envuelve la carcasa 14. Además, puede estar cubierta por una carcasa exterior metálica. La carcasa metálica exterior está preferentemente conectada a tierra cuando se instala, por seguridad.

Dentro del espacio de recepción de agua 22 hay dos bobinas inductoras 26a, 26b, que tienen diferentes diámetros exteriores (helicoidales) y están dispuestas coaxialmente una respecto a la otra. Las bobinas inductoras están dispuestas en el espacio de recepción de agua de forma que entran en contacto con el agua que fluye entre la entrada 18 y la salida 20. Como se muestra, las bobinas (es decir, las vueltas) de cada bobina están separadas axialmente entre sí, formando espacios de flujo de agua entre las bobinas vecinas.

Aunque en el ejemplo particular de la Figura 1, hay dos bobinas inductoras, esto no es esencial, y en otros ejemplos el calentador puede comprender cualquier otro número mayor o menor de bobinas conductoras. En el ejemplo de la Figura 1, las bobinas están dispuestas de forma coaxial, lo que proporciona una disposición especialmente eficiente en términos de espacio. Sin embargo, esta disposición no es esencial, y en otros ejemplos, se pueden proporcionar diferentes disposiciones.

También están montados en el espacio de recepción de agua dos tubos conductores de electricidad 30a, 30b dispuestos coaxialmente. Éstos, en combinación con el cuerpo tubular 32 de la carcasa 14, definen dentro del espacio de recepción de agua una disposición de canales de flujo anulares exteriores 28a, 28b, dispuestos coaxialmente entre sí, que rodean un canal de flujo axial interior 34. En cada uno de los canales de flujo anular está dispuesta una de las bobinas inductoras 26a, 26b. De este modo, las bobinas inductoras están dispuestas de forma coaxial entre los tubos conductores, y dispuestas en los correspondientes canales de flujo anular formados por los tubos conductores.

Aunque en el ejemplo de la Figura 1 sólo se muestran dos tubos conductores internos sumergidos 30a, 30b, en otros ejemplos puede proporcionarse cualquier número de tubos conductores, uno o más. Por ejemplo, pueden añadirse más tubos conductores, y cada tubo conductor adicional proporciona un canal de flujo anular adicional definido con respecto a un tubo vecino.

Un primer canal de flujo anular 28a (y el más externo radialmente) está formado por un espacio radial entre una pared interior del cuerpo tubular 32 de la carcasa 14, y una pared exterior del primer tubo conductor 30a. Un segundo canal de flujo anular está formado por un espacio radial entre una pared interior del primer tubo conductor 30a y una pared exterior del segundo tubo conductor 30b. El canal interior axial 34 está formado por un espacio interior tubular del segundo tubo conductor 30b.

Los tubos conductores 30a, 30b, y en este ejemplo el cuerpo tubular 32 de la carcasa exterior 14, son cada uno cuerpos tubulares de un material conductor eléctrico. Actúan como dianas para las bobinas inductoras 26a, 26b y están dispuestos para ser calentados inductivamente por las bobinas inductoras al activar las bobinas inductoras con corriente alterna. En particular, están dispuestos de tal manera que la activación de las bobinas inductoras induce corrientes eléctricas (corrientes de Foucault) en los tubos conductores. Estas corrientes actúan para calentar los tubos conductores, calentando así el agua que fluye a través de los diversos canales de flujo 28a, 28b, 34.

Como se ilustra en la Figura 1 y en la Figura 2, los canales de flujo anular 28a, 28b y el canal de flujo axial interior 34 están conectados en serie fluida entre sí, definiendo un único camino de flujo continuo entre la entrada y la salida a través de la pluralidad de canales conectados. Más concretamente, los canales están conectados de extremo a extremo, definiendo así una trayectoria de flujo laberíntica entre la entrada y la salida.

Para facilitar esta disposición de flujo laberíntico, se proporciona una tapa de extremo 36 que cierra un extremo del primer cuerpo conductor tubular 30a. En particular, la tapa final cierra un extremo superior, adyacente a la entrada 18. El extremo inferior del primer conductor tubular interior 30a está abierto, y dispuesto para detenerse cerca de una base del espacio de recepción de agua 22, definiendo así una trayectoria de conexión de fluidos entre un extremo exterior radial 28a de los canales de flujo anulares y un siguiente canal de flujo anular radialmente adyacente 28b.

El segundo 30b de los tubos conductores interiores (coaxialmente insertado dentro del primero 30a) está directamente conectado en un extremo inferior a la salida 20. Este extremo está así efectivamente cerrado o sellado al espacio de recepción de agua inmediato que lo rodea. El extremo superior del segundo tubo conductor interior está abierto, y se extiende hasta un punto axialmente corto del extremo superior tapado 36 del primer tubo conductor 30a, formando así un espacio libre entre ambos y definiendo una ruta de conexión de fluidos entre el segundo canal de flujo anular 30b y el canal de flujo axial interior 34.

En la Figura 2 se ilustra una ruta de flujo de agua a través del espacio de recepción de agua 22 durante el funcionamiento. Durante el uso, el agua se recibe en el espacio de recepción de agua 22 a través de la entrada 18. El agua se dirige alrededor del exterior del primer tubo conductor 30a (siendo desviada por la tapa del extremo 36) y

hacia el primer canal de flujo anular 28a (radialmente más externo). El agua fluye a través del primer canal de flujo anular, haciendo contacto con, y sumergiendo completamente, la primera bobina inductora 26a. A continuación, el agua fluye hacia el segundo canal de flujo anular 28b a través de los extremos inferiores conectados de los dos canales, y hace contacto con la segunda bobina inductora 26b y la sumerge mientras fluye a través del segundo canal de flujo anular. A continuación, el agua fluye hacia el canal de flujo axial interno 34 a través de los extremos superiores conectados de los dos canales 28b, 34, y fluye a lo largo de este canal axial directamente hacia la salida 20 del espacio de recepción de agua, en donde el extremo inferior del canal axial está directamente conectado a la salida.

Por lo tanto, el agua pasa a lo largo de una trayectoria de flujo laberíntica a través del espacio de recepción de agua, haciendo contacto tanto con las paredes de los tubos conductores como con las bobinas inductoras a su paso. Por lo tanto, el calor se transfiere al agua desde estos dos elementos.

Las Figuras 4-5 muestran las bobinas inductoras 26a, 26b con más detalle. La Figura 4 muestra una vista en perspectiva de las bobinas inductoras. La Figura 5 muestra una segunda vista en perspectiva.

Las dos bobinas inductoras 26a, 26b están formadas cada una por un alambre conductor o bobinado que se enrolla helicoidalmente entre los extremos axiales inferior y superior. Puede estar formado por un núcleo conductor de la electricidad, por ejemplo, un alambre u otro alambre conductor. La bobina debe ser lo suficientemente rígida para mantener su forma.

Las dos bobinas inductoras 26a, 26b están conectadas en serie eléctrica a través de una sección de puente 52 en un extremo inferior de las bobinas. Esta sección de puente tiene la forma (en el dispositivo montado) de hacer un bucle hacia abajo y por debajo de un borde circunferencial inferior del primer tubo conductor interno 30a colocado entre las dos bobinas inductoras.

Aunque no se muestra en las Figuras 1, 2 o 4, en la unidad de calentamiento 12 ensamblada, los extremos superiores 21 de las dos bobinas inductoras 26a, 26b están conectados a piezas de conexión superiores que proporcionan la conexión eléctrica de las bobinas al exterior de la unidad de calentamiento. Estas piezas de conexión están dispuestas para extenderse hacia el exterior del espacio de recepción de agua a través de la pared de la carcasa exterior 14 mediante una abertura 27. Esto permite la conexión eléctrica de las bobinas.

La Figura 6 muestra una vista despiezada del calentador de agua de ejemplo de las Figuras 1-5 anteriores. Se puede observar cómo la sencilla construcción de tubos y serpentines insertados coaxialmente permite un montaje muy sencillo. Los diversos componentes anulares pueden instalarse o montarse uno por uno, encajando cada parte de forma cooperativa en forma anular dentro o alrededor de los otros componentes. A pesar de la sencillez de la construcción, se crea una disposición de flujo relativamente compleja.

En su uso, las bobinas se activan con una corriente alterna de esta frecuencia. Las bobinas están conectadas en serie en este ejemplo, facilitando así la conducción concurrente de las dos bobinas en fase entre sí.

Al activar las bobinas inductoras 26a, 26b con la corriente oscilante, se crea un campo magnético alterno alrededor de cada bobina. El campo recorre cíclicamente cada parte de la línea de la bobina, y los campos de toda la bobina se superponen para crear un campo neto dirigido axialmente que recorre el centro de la espiral de la bobina. Este campo es recibido por el (los) tubo(s) conductor(es) eléctrico(s) 30a, 30b, 32 dispuesto(s) radialmente espaciado(s) de la bobina. El campo alterno induce a su vez en cada uno de los tubos conductores (por la ley de Faraday) corrientes alternas (corrientes de Foucault) que circulan alrededor de la direccionalidad del campo. Estas corrientes de Foucault provocan un calentamiento (calentamiento por joules) en cada tubo conductor, calor que, durante el funcionamiento, se transfiere al agua que pasa por los distintos canales de flujo 28a, 28b, 34 que los tubos definen entre sí.

La disposición de los tubos conductores 30a, 30b en forma coaxial entre las bobinas inductoras 26a, 26b permite utilizar un efecto de proximidad para maximizar la fuerza de las corrientes inducidas en los tubos conductores. En particular, para cada bobina dada, las regiones de mínima intensidad de campo son las que se encuentran directamente entre las diferentes espiras de la línea de bobinas. Esto se debe a que la corriente en cada bucle circula en la misma dirección y, por lo tanto, el campo magnético creado alrededor de cada línea de bucle circula en la misma dirección.

Esto se muestra esquemáticamente en la Figura 7, que ilustra una sección transversal a través de un conjunto de cuatro espiras 25 de una bobina particular 26. Se ilustran las direcciones radial (r) y axial (z). Los campos magnéticos circulantes se ilustran con líneas de puntos. Como puede verse, en la región entre cada par de espiras 25 vecinas, los campos se dirigen en direcciones opuestas y, por tanto, se superponen destructivamente y se anulan sustancialmente. La intensidad del campo en esta región es mínima. Por el contrario, en la región situada justo al lado de la bobina, los campos están alineados en la misma dirección y, por tanto, interfieren constructivamente para generar una región de campo magnético máximo (alineado en dirección axial).

La distribución de la intensidad de campo simulada para la parte de la bobina inductora mostrada en la Figura 7 se ilustra en la Figura 8. La Figura 9 muestra el mismo diagrama de distribución de la intensidad de campo con

gradaciones de color ligeramente diferentes, para mayor claridad. La intensidad de campo magnético para cada tono de gris (en unidades de amperios por metro) se indica en la correspondiente clave que acompaña a cada gráfico.

Puede verse que la intensidad de campo más alta está en la región inmediatamente adyacente radialmente a las bobinas (a la izquierda y derecha de la figura), con una intensidad de campo mínima en la región entre bobinas.

En las modalidades de la presente invención, los tubos conductores 30a, 30b y preferentemente también el cuerpo tubular 32 de la carcasa 14 se colocan en posiciones ligeramente desplazadas radialmente de las bobinas inductoras 26a, 26b, y por tanto en posiciones de máxima intensidad de campo. La intensidad de campo disminuye al aumentar la distancia radial de la bobina. Por lo tanto, al colocar cada tubo inmediatamente adyacente a una bobina inductora correspondiente, cada tubo está expuesto a un campo de máxima intensidad y las corrientes inducidas de calentamiento en cada tubo tienen la máxima intensidad. Por lo tanto, el calentamiento inductivo es máximo.

Es posible de acuerdo con las modalidades de la presente invención colocar múltiples tubos conductores interiores 30a, 30b cada uno inmediatamente adyacente radialmente a una bobina inductora correspondiente 26a, 26b porque las bobinas inductoras están dispuestas dentro del espacio de recepción de agua 22. Por lo tanto, esto permite el apilamiento coaxial de las bobinas inductoras inmediatamente adyacentes a los tubos conductores dispuestos coaxialmente dentro del espacio de calentamiento - algo que no es posible cuando todas las bobinas inductoras están confinadas fuera de la cámara, y por lo tanto dispuestas a distancia de los tubos conductores interiores.

Además, la disposición de las bobinas inductoras coaxialmente insertadas 26a, 26b y los tubos conductores 30a, 30b, 32 de las modalidades de la presente invención significa que para al menos un subconjunto de los tubos conductores, el tubo está dispuesto intercalado entre un par de bobinas inductoras correspondientes. Ventajosamente, las bobinas 26a, 26b dispuestas coaxialmente pueden ser alimentadas eléctricamente y/o configuradas o diseñadas de forma que una corriente suministrada a través de bobinas radialmente vecinas discurra en direcciones circunferencialmente opuestas. De este modo, los campos de las bobinas radialmente vecinas interfieren constructivamente dentro del espacio radial entre las bobinas. Esto conduce a un doble efecto de proximidad para el tubo conductor, ya que el tubo conductor está situado en una región de máxima intensidad de campo de dos bobinas inductoras, donde los dos campos se combinan constructivamente.

Como se ha comentado anteriormente, los tubos conductores 30a, 30b, en combinación con la carcasa exterior 14, definen dentro del espacio de recepción de agua 22 una disposición de canales de flujo anulares a través de los cuales el agua se ve obligada a fluir en el trayecto entre la entrada y la salida. Este estrecho camino de flujo laberíntico aumenta la velocidad de flujo del agua que pasa por los elementos de calefacción.

Esto es ventajoso para la transferencia de calor al agua, ya que la tasa de transferencia de calor a un fluido aumenta a medida que la velocidad del fluido aumenta. A modo de ilustración, la Figura 10 muestra un diagrama de flujo de velocidad simulado para el agua que fluye a través de una sección de un canal de flujo anular 28, el canal que tiene una bobina inductora 26 dispuesta centralmente en él. La figura muestra una sección transversal a través del canal de flujo de ejemplo, con las secciones transversales a través de un conjunto de cuatro bucles 25 de la bobina ilustrados.

Como se muestra, la velocidad de flujo a través del canal de flujo 28 es mayor en las regiones exteriores del canal de flujo, radialmente adyacentes a la bobina inductora 26, y menor en las regiones entre los correspondientes bucles de la bobina inductora 25. Esto es beneficioso, ya que esta región exterior del canal de flujo está dispuesta entre la bobina inductora 26 y el tubo conductor 30, 32 que delimita el canal. Por lo tanto, el agua que fluye a través de esta parte del canal hace contacto tanto con la pared del tubo conductor como con la superficie exterior de la bobina inductora. Por lo tanto, la región de flujo más rápida (y por lo tanto aquella en la que la tasa de absorción de calor en el agua es mayor) es la región en la que el agua hace contacto con ambas superficies de la fuente de calor al mismo tiempo.

En ejemplos ventajosos, las secciones transversales anulares de los canales de flujo anulares 28 están adaptadas para proporcionar una velocidad de flujo uniforme a través de cada canal, es decir, las secciones transversales están configuradas de manera que haya una velocidad de flujo igual a través de cada canal. Esto es ventajoso para asegurar el equilibrio de la caída de presión del agua a través de los diferentes canales, y también para asegurar la igualdad de la tasa de absorción de calor en cada canal (ya que la tasa de transferencia de calor depende de la velocidad del flujo de agua). Preferentemente, la velocidad del flujo a través de los canales de flujo anular y también del canal de flujo axial se hace igual. De este modo, la velocidad es constante en todo el calentador.

La velocidad de flujo es principalmente una función del área de flujo de la sección transversal a través de un canal dado. El área de flujo de la sección transversal significa el área de la sección transversal a través de cada canal a través del cual fluye el agua durante el uso. Para proporcionar una velocidad de flujo sustancialmente igual a través de cada canal de flujo 28, los canales de flujo pueden tener un área de flujo de sección transversal sustancialmente igual.

El área de flujo de la sección transversal puede, en los ejemplos, aproximarse como el área total de la sección transversal de un canal menos el área de la sección transversal ocupada por la correspondiente bobina inductora 26 en el canal de flujo dado (ya que el agua no puede fluir a través de esta región).

Dado que las circunferencias de los canales de flujo 28, 34 disminuyen para los canales más radialmente hacia adentro, el mantenimiento del área de flujo de la sección transversal constante requiere que los anchos radiales anulares de los canales más radialmente hacia adentro sean mayores que los más radialmente hacia afuera.

Esto se ilustra esquemáticamente en la Figura 11, que muestra una sección transversal a través de la disposición del calentador de las Figuras 1 y 2 anteriores. El canal de flujo anular radialmente exterior 28a, que tiene una circunferencia mayor, tiene un ancho radial menor que el canal de flujo anular radialmente más interior 28b, es decir, $r_2 > r_1$.

A modo de ejemplo simple, donde cada canal es aproximadamente circular en sección transversal, para una sección transversal igual a través de cada canal, se debe mantener lo siguiente:

$$r_3^2 = r_5^2 - r_4^2 = r_7^2 - r_6^2.$$

Para garantizar la igualdad de la sección transversal del flujo, también se debe tener en cuenta el área ocupada en cada canal por la bobina inductora 26 correspondiente, es decir, se debe restar del área de cada canal, es decir, $r_3^2 = (r_5^2 - r_4^2) - (\text{área de la bobina 26b}) = (r_7^2 - r_6^2) - (\text{área de la bobina 26a})$.

A modo de ejemplo ventajoso, las secciones transversales de los canales de flujo se pueden adaptar para proporcionar una velocidad de flujo a través de cada canal de alrededor de 1,0 - 1,5 m/s. Esto proporciona un equilibrio ideal entre la caída de presión a través de cada canal y también una transferencia de calor eficiente.

A modo de ejemplo, cada canal de flujo 28, 34 puede tener un área de sección transversal de entre 1,2 cm² y 2,2 cm² (0,00012 - 0,00022 m²).

De acuerdo con una serie de modalidades ventajosas, las dimensiones de la bobina y de los tubos conductores de electricidad se adaptan de manera que la tasa de transferencia de calor (deposición de energía) por unidad de superficie al agua desde los tubos conductores coincide sustancialmente con la tasa de transferencia de calor por unidad de superficie desde las bobinas inductoras. Esto tiene el efecto de que la temperatura de la superficie de cada bobina en todos los puntos es sustancialmente igual a la temperatura de la superficie de cada uno de los tubos conductores en cada punto. Esto iguala la transferencia de calor al agua por parte de cada una de las bobinas y tubos conductores y evita la aparición de puntos calientes locales que podrían llevar a la ebullición local del agua.

Esto puede lograrse proporcionando las bobinas inductoras 26 y los tubos conductores 30a, 30b, 32 de manera que la relación entre la superficie total de contacto con el agua del conjunto de bobinas inductoras y la superficie total de contacto con el agua del conjunto de tubos conductores 30a, 30b, 32 sea igual a la relación entre la deposición total de energía (al agua) del conjunto de bobinas inductoras y la deposición total de energía del conjunto de tubos conductores. La energía total depositada por las bobinas significa la transferencia total de calor (al agua) por unidad de tiempo del conjunto de bobinas inductoras. La energía total depositada de los tubos inductivos significa la transferencia total de calor (al agua) por unidad de tiempo del conjunto de tubos conductores.

A modo de ejemplo, las simulaciones realizadas para una modalidad del calentador han encontrado que la deposición de energía efectiva relativa (al agua) de las bobinas inductoras 26a, 26b es mayor que la de los tubos conductores 30a, 30b, 32, en aproximadamente un 20-30 %.

Por lo tanto, de acuerdo con uno o más ejemplos, las bobinas inductoras 26a, 26b pueden proporcionarse de manera que el conjunto de bobinas tenga una superficie total de contacto con el agua mayor que una superficie total de contacto con el agua del conjunto de tubos conductores 30a, 30b, 32. En particular, en los ejemplos preferidos, el conjunto de bobinas tiene una superficie total de contacto con el agua entre un 20-30 % mayor que una superficie total de contacto con el agua del conjunto de tubos conductores 30a, 30b, 32.

Esto significa que para cada unidad de energía suministrada, dicha energía se reparte en una superficie de contacto con el agua sustancialmente igual para las bobinas y para los tubos. Por lo tanto, la mayor deposición de energía de las bobinas se compensa con una mayor superficie a través de la cual se reparte dicha energía.

El mantenimiento de la relación entre la energía depositada y la superficie total garantiza una temperatura superficial sustancialmente igual en las superficies de transferencia de calor de las bobinas y de los tubos conductores. Esto evita sustancialmente el riesgo de ebullición del agua debido a los puntos calientes de temperatura de la superficie causados por una gran deposición de energía en un área relativamente pequeña.

De acuerdo con modalidades ventajosas, la unidad de calentamiento 12 puede comprender además un capacitor acoplado a la(s) bobina(s) inductora(s) 26 para formar con la(s) bobina(s) un circuito resonante que tenga una frecuencia de resonancia. Para facilitar la referencia, dicho capacitor, que forma parte de un circuito resonante en combinación con la al menos una bobina, puede ser denominado en esta descripción capacitor resonante.

Las bobinas acopladas 26a, 26b y el capacitor forman conjuntamente un circuito resonante LC.

Como se ha comentado anteriormente, el acoplamiento de una bobina inductora con un capacitor para formar un circuito de resonancia aumenta significativamente la eficiencia eléctrica del dispositivo. Durante el uso, la energía puede oscilar o resonar de un lado a otro entre las capacidades de almacenamiento de la bobina y el capacitor resonante. Esto significa que la energía introducida en la bobina inductora (para impulsar la generación de un campo) no se pierde al descargarla de la bobina. En su lugar, la energía se transfiere al capacitor resonante antes de volver a descargarse en la bobina inductora. Sólo es necesario suministrar energía al circuito para compensar la energía transferida activamente a los cuerpos conductores por la inducción magnética y las pérdidas resistivas en los alambres.

La frecuencia de resonancia es una función de la capacitancia C del capacitor y de la inductancia L del inductor. La frecuencia de resonancia angular, ω_0 , en un circuito simple puede determinarse, por ejemplo, a partir de la ecuación estándar, $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ donde C es la capacitancia del capacitor y L es la inductancia de la bobina inductora.

La resonancia del circuito, y por lo tanto la conservación de la energía, sólo se logra cuando el circuito es conducido a su frecuencia de resonancia.

Por lo tanto, de acuerdo con una o más modalidades, la unidad de calentamiento 12 puede comprender además un generador o controlador local adaptado para activar la bobina inductora a dicha frecuencia de resonancia, es decir, activar la bobina con una corriente alterna que tenga una frecuencia igual a dicha frecuencia de resonancia. Alternativamente, el calentador 12 puede estar dispuesto para recibir desde el exterior del calentador una señal de activación alterna adecuada para activar la bobina inductora en la resonancia.

Son posibles diferentes disposiciones para el capacitor resonante.

En disposiciones ventajosas, el calentador de agua puede comprender una cubierta exterior eléctricamente aislante, en la que se aloja o encaja el espacio de recepción de agua, y el capacitor resonante está contenido también dentro de la cubierta.

El capacitor resonante puede estar contenido dentro del propio espacio de recepción de agua, o puede estar fuera del espacio de agua pero aún dentro de la cubierta aislante, por ejemplo en una cavidad aislada formada dentro de la cubierta, separada del espacio de recepción de agua.

En cualquier caso, al situar el capacitor dentro de la cubierta exterior aislada eléctricamente, toda la energía reactiva del dispositivo de calentamiento queda confinada dentro de la carcasa o cubierta exterior. La única energía que debe suministrarse desde el exterior de la carcasa exterior de la unidad de calentamiento es la necesaria para "completar" el circuito resonante con la energía perdida por el calentamiento real del agua y la necesaria para cargar inicialmente el circuito resonante (es decir, la "energía activa").

En las disposiciones conocidas, el capacitor suele estar situado fuera o lejos del calentador 12 (por ejemplo, cerca de una unidad generadora). Sin embargo, esto requiere que el alambre de conexión transporte no sólo las cargas eléctricas activas (asociadas a la energía transferida al agua), sino también las cargas eléctricas reactivas, pasando entre el capacitor y el inductor. Esto conlleva problemas de seguridad y costes.

Encerrar toda la energía reactiva dentro de la cubierta de la unidad de calentamiento permite una transferencia de energía más segura desde la fuente de alimentación de la red hasta el punto de uso, ya que sólo es necesario transferir la energía activa.

En ejemplos ventajosos, el capacitor está dispuesto para estar en comunicación térmica con el espacio de recepción de agua 22 para transferir calor al agua que fluye a través de dicho espacio entre la entrada y la salida.

La carga y la descarga del capacitor conducen a la generación de calor interno dentro del capacitor. En los dispositivos típicos de calentamiento inductivo, este calor se desperdicia y, además, causa problemas ya que debe disiparse para evitar el sobrecalentamiento, por ejemplo, con un disipador de calor u otros medios de enfriamiento. Al disponer el capacitor de forma que se acople térmicamente con el espacio de recepción de agua, este calor puede ser capturado y utilizado de forma útil para contribuir al calentamiento del agua. El acoplamiento térmico con el agua también resuelve el problema de la disipación del calor, proporcionando un disipador de calor integrado a través del agua.

En un conjunto de ejemplos, el capacitor puede estar dispuesto dentro del espacio de recepción de agua, aislado eléctricamente del agua que fluye a través del espacio, y en comunicación térmica con el agua que pasa.

Un ejemplo de calentador de agua 12 de acuerdo con dicha modalidad se ilustra en la Figura 12 y la Figura 13. Las Figuras 14-16 muestran el ejemplo de capacitor empleado en este ejemplo.

Las Figuras 17 y 18 muestran las bobinas inductoras 26a, 26b y la disposición de conexión eléctrica entre las bobinas y el capacitor.

El ejemplo de calentador de agua 12 es sustancialmente el mismo que el descrito anteriormente con referencia a las Figuras 1 y 2, aparte de la inclusión adicional en el espacio de recepción de agua 22 de un capacitor 62, y las conexiones eléctricas adicionales proporcionadas entre las bobinas inductoras 26a, 26b y este capacitor. También se proporciona una cubierta exterior eléctricamente aislante 64 que se envuelve alrededor de la carcasa (conductora de la electricidad) 14 que encierra el espacio de recepción de agua.

La carcasa exterior 14 se ha extendido ligeramente en el extremo adyacente a la entrada 18, para proporcionar espacio para colocar el condensador. La disposición de los tubos conductores 30a, 30b, y las bobinas inductoras 26a, 26b, así como la disposición del canal de flujo definido por los tubos conductores dentro del espacio de recepción de agua 22, son todas iguales que en el ejemplo de las Figuras 1 y 2. Por lo tanto, no se volverán a describir en detalle. Todos los detalles y opciones descritos anteriormente en relación con el ejemplo de las Figuras 1 y 2 se pueden aplicar también a la presente modalidad.

La cubierta exterior 64 proporciona un recinto eléctricamente aislante para garantizar un aislamiento eléctrico seguro de todas las partes eléctricas del interior. Por ejemplo, la pared de la cubierta puede incluir una capa aislante de plástico que envuelve la carcasa 14 y encierra el espacio de recepción de agua. Además, puede estar cubierta por una carcasa exterior metálica. La carcasa metálica exterior está preferentemente conectada a tierra cuando se instala, por seguridad.

El capacitor 62 está dispuesto en el espacio de recepción de agua 22 inmediatamente adyacente a la entrada 18. El capacitor tiene una forma anular, que se extiende anularmente alrededor de un orificio central 66 definido a través del capacitor, que forma un canal de flujo de agua a través del cual el agua recibida en el espacio de recepción de agua puede fluir, haciendo contacto térmico con el capacitor a su paso. En el interior del orificio central 66 hay un conjunto de aletas radiales de disipación de calor para mejorar la transferencia térmica entre el capacitor y el agua que pasa. Estos se pueden ver más claramente en la Fig. 14, por ejemplo. Las aletas pueden estar hechas de cualquier material conductor del calor, como el metal.

El capacitor 62 está dispuesto con el canal de flujo de agua formado por el orificio central 66 directamente conectado con la entrada 18 del espacio de recepción de agua 22. De este modo, el capacitor recibe y entra en contacto con el agua cuando ésta entra por primera vez en el espacio de recepción de agua y, por tanto, cuando está más fría. Esto es preferible en este caso, ya que la transferencia de calor a un fluido es máxima cuando la diferencia de temperatura entre el fluido y la fuente de calor es mayor. En general, el calor generado por el capacitor será menor que el generado por la bobina 26 y los tubos calentados inductivamente 30a, 30b. Por lo tanto, este componente menos caliente debería entrar en contacto con el agua cuando también está menos caliente, para optimizar la transferencia global de calor al agua. La bobina 26 y los tubos 30, más calientes, podrán transferir calor al agua incluso después de haber sido calentados por el capacitor.

A medida que el agua fluye a través de la entrada 18 y a través del orificio 66 del capacitor 62, el calor se transfiere del capacitor al agua. Al salir del orificio 66, el agua sigue la misma ruta de flujo de fluido que en el ejemplo de las Figuras 1 y 2. Esta ruta de flujo se ilustra esquemáticamente en la Figura 13. El recorrido se describe en detalle más arriba, con referencia a la Figura 2.

El capacitor está encerrado en una cubierta o sellado hermético para evitar la entrada de agua en el interior del capacitor. La cubierta o el sellado es también eléctricamente aislante, es decir, incluye un material eléctricamente aislante.

El capacitor 62 se muestra en detalle en las Figuras 14-16. Las Figuras 14 y 15 muestran vistas isométricas y transversales respectivamente a través de un centro del capacitor. La Figura 16 muestra una vista exterior del capacitor.

El orificio central 66 se aprecia con mayor claridad en la Figura 14. También se muestra el conjunto de aletas radiales 68. Cada una de las aletas está acoplada a una pared interior del orificio 66 del capacitor.

La cubierta hermética 70 o el sellado del capacitor 62 puede verse más claramente en las Figuras 14 y 16. Esto forma una carcasa hermética y eléctricamente aislante alrededor del capacitor.

En un extremo axial del capacitor 62 sobresalen dos conectores eléctricos 82a, 82b para acoplar eléctricamente el capacitor a las bobinas inductoras 26a, 26b y a la fuente de alimentación.

La conexión eléctrica entre las bobinas inductoras 26a, 26b y el capacitor 62 se ilustra en las Figuras 17 y 18. Las propias bobinas inductoras y su disposición entre ellas es la misma que en el ejemplo de las Figuras 1-2 y 4. La única diferencia está en la disposición de las piezas de conexión eléctrica. En la presente modalidad, la bobina 26b está acoplada directamente al conector eléctrico del capacitor 82b a través de un bucle de conexión 84b. El conector eléctrico del capacitor de polaridad opuesta 82a se conecta al bucle de conexión 84a, que se dirige hacia fuera del calentador a través de una abertura 27. La bobina de inducción interior 26a es conducida fuera del calentador a través

de un brazo de conexión arqueado 83 y a través de la abertura 27. En ejemplos alternativos, la bobina de inducción interior y/o el bucle de conexión 84a pueden dirigirse a otro espacio dentro del calentador para conectarse, por ejemplo, a otros componentes eléctricos del calentador, por ejemplo, convertidores de CD-CA.

En el ejemplo particular de las Figuras 12-13, el capacitor 62 se proporciona dispuesto dentro del espacio de recepción de agua 22. Esto maximiza la eficiencia de la transferencia de calor. Sin embargo, esta disposición no es esencial. En otros ejemplos, el capacitor puede estar dispuesto, por ejemplo, dentro de una carcasa exterior eléctricamente aislante y separada del espacio de recepción de agua. El capacitor puede estar acoplado térmicamente con el agua que fluye a través del espacio de recepción de agua 22. Por ejemplo, en algunas disposiciones, el espacio de recepción de agua puede estar contenido dentro de una cámara de calentamiento de agua, al menos una porción de la pared exterior de la cámara es conductora del calor, y el capacitor puede estar acoplado térmicamente, es decir, en contacto directo con dicha parte de la porción de la cámara. Por ejemplo, el capacitor puede envolver el exterior de esta pared de la cámara.

A modo de ejemplo, se puede proporcionar un capacitor adecuado que tenga una capacitancia de entre 0,2-1,2 μF , preferentemente entre 0,3-0,5 μF , incluso más preferentemente, 0,35 - 0,45 μF , por ejemplo 0,41 μF . Puede utilizarse cualquier material conductor adecuado para el conductor del condensador, como el cobre. Se puede utilizar cualquier dieléctrico adecuado, por ejemplo, poliamida. El grosor de la capa adecuada para el conductor puede ser, por ejemplo, del orden de 0,05 mm, por ejemplo, 0,02 - 0,08 mm. El grosor de la capa adecuada para el conductor puede ser, por ejemplo, del orden de 0,02 mm, por ejemplo, 0,01 - 0,07 mm.

En las Figuras 19-23 se muestra otro ejemplo de calentador de agua de acuerdo con otra serie de modalidades. La Figura 19 y la Figura 20 muestran vistas isométricas en corte y en sección respectivamente del calentador. Las Figuras 21-23 muestran otras vistas que ilustran los convertidores de CD-CA, las bobinas inductoras y los capacitores.

El ejemplo de calentador de agua 12 es sustancialmente el mismo que el mostrado en la Figura 12 y la Figura 13, aparte de la inclusión adicional en el calentador de un convertidor de CD-CA y un capacitor de filtro 118 conectado entre un conector de entrada de energía 114 y el convertidor de CD-CA, y también la reordenación del capacitor resonante 62 dentro de la carcasa del calentador. Estas características se explicarán más adelante.

De acuerdo con este conjunto de modalidades, el calentador de agua 12 comprende además un convertidor de CD-CA 110 situado en el interior de la carcasa o cubierta exterior 64 del calentador, para convertir una señal de entrada de energía CD recibida en una señal de activación CA para activar la al menos una bobina inductora 26a, 26b en resonancia.

Los convertidores de CD-CA en este ejemplo adoptan la forma de un conjunto de cuatro transistores bipolares de puerta aislada (IGBT) 110 conectados entre sí en configuración de puente H. Sin embargo, se pueden utilizar alternativamente otros convertidores de CD-CA. Los convertidores de CD-CA están situados en un extremo axial del calentador de agua, axialmente adyacente al espacio de recepción de agua 22.

El calentador 12 comprende un conector de entrada de energía 114 que se extiende desde el exterior de la cubierta exterior aislante 64 del calentador 12 hasta el interior del recinto del calentador. El conector de entrada de energía sirve, por ejemplo, para recibir una señal de entrada de corriente continua desde el exterior del calentador. El conector de entrada de energía está conectado eléctricamente a un capacitor de filtro 118, que en este ejemplo está dispuesto ventajosamente extendiéndose coaxialmente alrededor del exterior de la carcasa 14 que encierra el espacio de recepción de agua 22. Como se ha comentado en relación con las modalidades anteriores, esta carcasa es preferentemente conductora eléctrica y térmica, y preferentemente forma uno 32 de los tubos conductores dispuestos para calentarse inductivamente al activar las bobinas inductoras 26a, 26b.

Los capacitores de filtro 118 filtran las pulsaciones de alta frecuencia generadas por los convertidores de CD-CA 110, aislando éstas del conector de entrada de energía 114, y durante el uso, cualquier componente eléctricamente aguas arriba del conector de entrada de energía, tal como un generador.

Como resultado, una señal eléctrica de CD estable y no pulsante será transportada entonces a través del alambre de alimentación hacia el punto de uso del calentador 12.

Sin embargo, el capacitor de filtro 118 es opcional y se puede omitir en ejemplos alternativos, en cuyo caso la señal de alimentación de CD de entrada se puede dirigir directamente a los convertidores de CD-CA 110.

El capacitor de filtro 118 está conectado eléctricamente a los convertidores de CD-CA 110, de manera que los convertidores de CD-CA reciben de los capacitores de filtro la señal de entrada de corriente continua filtrada. El convertidor de CD-CA convierte esta señal de CD recibida en una señal de activación de CA de salida para activar activamente las bobinas inductoras 26a, 26b. Más concretamente, genera preferentemente una señal de activación de CA de salida que tiene una frecuencia que coincide sustancialmente con la frecuencia de resonancia del circuito de resonancia compuesto por las bobinas inductoras 26a, 26b, y el capacitor conectado 62 (denominado aquí capacitor resonante).

La señal de activación de CA generada por los convertidores de CD-CA 110 se dirige al circuito resonante que comprende las bobinas inductoras 26a, 26b y el capacitor resonante conectado 62, para activar así las bobinas inductoras y provocar así el calentamiento inductivo de los tubos conductores 30a, 30b, 32 durante el uso.

Las conexiones eléctricas entre los componentes del calentador se facilitan al menos en parte por medio de una placa de circuito impreso 122, a la que se conectan al menos una parte de los componentes.

Por tanto, este calentador es adecuado para recibir una señal de entrada de corriente continua, y generar una señal de activación de corriente alterna para activar las bobinas. El calentador de agua de acuerdo con este conjunto de modalidades puede ser adecuado, por ejemplo, para su uso dentro de un sistema de calentamiento de agua que comprende un conjunto de generación situado separado de cada uno de uno o más calentadores de punto de uso (por ejemplo, a una distancia del área de punto de uso de cada unidad de calentamiento), y en donde el generador central realiza una parte o la totalidad del procesamiento eléctrico requerido en la generación de la señal de activación que se suministra a la al menos una bobina de inductor, para activar la bobina en resonancia.

Por ejemplo, este calentador puede ser adecuado para su uso dentro de un sistema de calentamiento que tiene un generador remoto en el que el generador remoto, por ejemplo, procesa un suministro de red entrante en una señal de CD rectificada, y luego suministra esta señal de CD como una señal de entrada de energía de CD para cada uno de uno o más calentadores de punto de uso que comprende el sistema.

De forma similar a los capacitores de filtro 118, el capacitor resonante 62 está en este ejemplo ventajosamente dispuesto envuelto coaxialmente alrededor del exterior de la carcasa exterior conductora 14, formando esta carcasa un de los tubos conductores más externos 32.

El capacitor resonante 62 y los capacitores de filtro 118 están acoplados térmicamente con el espacio de recepción de agua 22 a través de la carcasa exterior conductora del calor y eléctrica 14. Están acoplados térmicamente, pero aislados eléctricamente de la carcasa exterior. Estos pueden estar dispuestos en contacto físico directo con la carcasa exterior, con, por ejemplo, una cubierta exterior eléctricamente aislante del capacitor que lo aísla eléctricamente de la carcasa.

También puede haber una cubierta protectora mecánica 120 para los capacitores 62, 118 situada dentro de la carcasa exterior aislante eléctricamente 64. La cubierta exterior 64 rodea todo el conjunto de componentes eléctricos y el espacio de recepción de agua.

Los IGBT de los convertidores de CD-CA 110 están dispuestos en comunicación térmica con el espacio de recepción de agua 22, para transferir calor al agua que fluye a través de dicho espacio de recepción de agua entre la entrada 18 y la salida 20.

Más concretamente, los IGBT 110 están dispuestos en comunicación térmica con el espacio de recepción de agua a través de un elemento de transferencia de calor 112 que tiene al menos una parte dispuesta de manera que haga contacto con el agua que fluye entre la entrada y la salida. El elemento de transferencia de calor comprende un cuerpo térmicamente conductor que tiene una superficie de salida de calor en contacto con el agua que fluye a través del calentador, y acopla térmicamente los IGBT con el agua durante el uso, mientras mantiene los IGBT eléctricamente aislados del agua. El elemento de transferencia de calor proporciona un disipador de calor para los IGBT.

El elemento de transferencia de calor 112 y los IGBT 110 del inversor se muestran con más detalle en la Figura 22. En este ejemplo, el elemento de transferencia de calor 112 tiene la forma de un bloque metálico con sección transversal externa cuadrada o rectangular. Los componentes del inversor (los IGBT) están acoplados a diferentes superficies exteriores correspondientes del bloque. El elemento de transferencia de calor presenta un orificio longitudinal central 116, de manera que los componentes del inversor acoplados 110a-110d están dispuestos anularmente alrededor de este orificio, y acoplados térmicamente a una superficie interior del orificio a través del cuerpo del elemento de transferencia de calor.

A modo de ejemplo, el elemento de transferencia de calor 112 puede estar formado por acero inoxidable o aluminio. Puede haber un material de aislamiento eléctrico entre cada IGBT (u otros elementos del transistor) y la superficie del elemento de transferencia de calor. Durante el uso, el elemento de transferencia de calor está preferentemente en conexión térmica con los IGBT y, simultáneamente, en comunicación térmica con el agua que fluye.

El elemento de transferencia de calor 112 está dispuesto de tal manera que el orificio central 116 forma un canal de flujo de agua dispuesto para recibir el agua que fluye desde la entrada 18. De este modo, el agua relativamente fría fluye a través del orificio del elemento de transferencia de calor, antes de entrar en el espacio de calentamiento de agua 22 en el que se encuentran las bobinas inductoras 26a, 26b y los tubos conductores 30a, 30b, 32. De este modo, el calor se transfiere de los IGBT al agua.

Al colocar los convertidores de CD-CA 110, el capacitor resonante 62 y el capacitor de filtro 118 en comunicación térmica con el agua, se consiguen dos ventajas. En primer lugar, se realiza el enfriamiento de estos dispositivos, negando así la necesidad de cualquier refrigerante auxiliar para enfriar los componentes. En segundo lugar, el calor disipado por estos componentes, que de otro modo se desperdiciaría, se aprovecha eficazmente para contribuir al calentamiento del agua que fluye.

Los inversores CD-CA suelen presentar pérdidas de calor debido a la eficiencia de la conmutación y al calentamiento Joule. Estas pérdidas suelen depender de la frecuencia de conmutación, de la calibración de la frecuencia a la frecuencia de resonancia requerida y de la corriente eléctrica. En las aplicaciones de alta energía, estos inversores (normalmente IGBT de puente H) suelen requerir medios externos de enfriamiento. Suelen ser ventiladores y disipadores de calor para aplicaciones de baja y media energía y refrigeradores de agua para aplicaciones de media y alta energía.

Al colocar ventajosamente el inversor en el calentador del punto de uso y en contacto térmico con el agua que fluye a través de un disipador de calor eléctricamente aislante, se evita la necesidad de medios auxiliares de enfriamiento activos.

Además de las ventajas de eficiencia térmica, la ubicación de estos componentes de punto de uso (y preferentemente dentro de la cubierta exterior del calentador 64) permite importantes ventajas eléctricas y de seguridad. Al colocar las bobinas inductoras 26, el capacitor resonante 62 y los convertidores de CD-CA dentro del área del punto de uso, todas las corrientes alternas de alta frecuencia quedarán confinadas en este espacio.

El diámetro exterior de la carcasa del calentador y de la cubierta exterior eléctricamente aislante 64 se ha incrementado para el presente conjunto de modalidades (en comparación con el de las Figuras 12-13, por ejemplo) para acomodar los dos capacitores 62, 118 y la cubierta de protección mecánica 120 sobre ellos. Esto también proporciona el espacio necesario en el extremo de entrada para acomodar el elemento de transferencia de calor del inversor de CD-CA 112 y los componentes del inversor 110, así como la placa de circuito impreso (PCB) de energía 122 que presenta conexiones de señal de energía y de activación. Esta placa de circuito impreso de energía está ventajosamente acoplada térmicamente a una superficie exterior de la carcasa exterior 14 del espacio de recepción de agua, por ejemplo el elemento de cubierta 33a. Esto proporciona enfriamiento para el PCB.

Durante el uso, el agua entrante en esta ventajosa modalidad fluye primero a través del orificio 116 del elemento de transferencia de calor 112, enfriando eficazmente los componentes principales del convertidor de CD-CA 110 instalados en contacto térmico con el elemento de transferencia de calor 112. A continuación, fluye hacia el espacio de recepción de agua 22, pasando en primer lugar por una área superior inicial, dispuesta en contacto térmico con la placa de circuito impreso de energía 122 a través del elemento de cubierta 33a. Esto permite la extracción del calor residual generado por el PCB.

A continuación, el agua fluye a través del canal de flujo anular más externo 28a, enfriando de forma beneficiosa el capacitor resonante 62 y el capacitor de filtro 118 a su paso; estos componentes están dispuestos en comunicación térmica con la carcasa exterior 14 (tubo conductor exterior 32) como se ha comentado. El agua también absorberá el calor generado por la bobina inductora 26a y los dos tubos conductores 32, 30a mediante la activación de las bobinas con la señal de activación de CA. El resto del recorrido del flujo es sustancialmente idéntico a las modalidades descritas anteriormente, en donde no se describirá en detalle.

La disposición de los tubos conductores 30a, 30b, y las bobinas inductoras 26a, 26b y también la disposición del canal de flujo definido por los tubos conductores dentro del espacio de recepción de agua 22 son todos iguales que en el ejemplo de las Figuras 1 y 2, y las Figuras 19 y 20. Por lo tanto, no se volverán a describir en detalle. Todos los detalles y opciones descritos anteriormente en relación con el ejemplo de las Figuras 1 y 2 se pueden aplicar también a la presente modalidad.

Ahora se describirán otras opciones que pueden aplicarse a cualquiera de las modalidades descritas anteriormente.

Cuando un alambre o un conductor es activado con una corriente alterna de alta frecuencia, se produce el llamado efecto piel, en donde la densidad de corriente a través del alambre se concentra en una periferia radial de este. Esto tiene el efecto de que el calentamiento Joule en el alambre se maximiza en las regiones hacia la periferia radial, es decir, hacia la superficie exterior radial (o "piel") del alambre.

Ello tiene dos efectos. En primer lugar, la temperatura máxima a la que se calienta el alambre aumenta al concentrarse la corriente en un volumen menor hacia esta periferia, en lugar de en toda la sección transversal del alambre. En segundo lugar, debido a la concentración del calentamiento Joule en la periferia, la transferencia de calor fuera del alambre (tanto radiativa como convectiva y conductiva), se incrementa al concentrarse más calor en áreas más próximas térmicamente a la superficie radial.

En los dispositivos típicos de calentamiento inductivo, ambos efectos causan problemas para el bobinado de la bobina inductora, ya que aumentan la carga de los medios de disipación de calor para mantener la bobina fría.

De acuerdo con las modalidades de la presente invención, estos efectos son beneficiosos, ya que el calor interno generado por la bobina se utiliza activamente para el calentamiento del agua y, por lo tanto, la transferencia térmica mejorada fuera de la línea conductora de la bobina es ventajosa. En las modalidades de la presente invención, el efecto piel se produce tanto en la bobina inductora como en los tubos conductores 30a, 30b estimulados inductivamente por la bobina. Por lo tanto, ambos elementos se benefician del calentamiento concentrado en la superficie.

De acuerdo con uno o más ejemplos particulares, la al menos una bobina inductora puede ser activada con una corriente alterna que tenga una frecuencia de al menos 10 kHz, preferentemente de al menos 20 kHz, más preferentemente de al menos 40 kHz, incluso más preferentemente de al menos 60 kHz. Estas altas frecuencias ayudan a facilitar el efecto piel.

Como se ha señalado anteriormente, en los dispositivos típicos de calentamiento inductivo, se desea minimizar el efecto piel descrito anteriormente en la bobina inductora, en la que la corriente se concentra hacia una superficie radial del alambre de la bobina inductora. Al menos parcialmente para este fin, se utiliza típicamente cobre para el material de la bobina. El cobre tiene una alta conductividad eléctrica y no es magnético. Estas dos propiedades minimizan el efecto piel.

De acuerdo con las modalidades de la presente invención, puede ser beneficioso mejorar el efecto piel. Al menos parcialmente para este propósito, de acuerdo con una o más modalidades, la bobina inductora puede estar hecha de un material de acero inoxidable magnético, por ejemplo, acero inoxidable martensítico o ferrítico. El experto conocerá muchos ejemplos de materiales dentro del grupo de los aceros inoxidables martensíticos.

En términos más generales, el calentamiento Joule se puede mejorar en la bobina inductora proporcionando la(s) bobina(s) inductora(s) y/o los tubos conductores (u otros cuerpos conductores) formados por cualquier material magnético de alta resistividad (alta en comparación, por ejemplo, con el cobre). Los aceros inoxidables martensíticos representan un grupo de tales materiales.

De acuerdo con cualquier modalidad de la presente invención, el calentador puede comprender además un sensor de temperatura para detectar la temperatura del agua dentro de la unidad receptora de agua. Las salidas del sensor pueden ser utilizadas por un controlador adicional, por ejemplo, para regular la señal de activación proporcionada a las bobinas inductivas 26a, 26b.

Un ejemplo de sensor de temperatura 78 se ilustra en el ejemplo de la Figura 12. El sensor de temperatura está dispuesto en un extremo de la salida 20 del espacio de recepción de agua 22. Se proporcionan dos alambres o sondas de detección de temperatura 80 que se extienden a través de la salida de agua para detectar la temperatura del agua cuando sale del calentador (es decir, después de que se haya calentado).

Puede implementarse un bucle de control mediante el cual la frecuencia, el trabajo o la energía suministrada a las bobinas inductoras se varía en función de la temperatura detectada del agua, aumentando la energía para el agua más fría y disminuyendo para el agua más caliente. De este modo, se puede evitar el sobrecalentamiento del agua. El bucle de control puede estar configurado para mantener el agua a una temperatura definida, o dentro de un rango definido, por ejemplo, definido por un ajuste del termostato.

Debido a la naturaleza instantánea del calentamiento que proporcionan los calentadores de punto de uso, los ajustes de la temperatura del agua se pueden realizar con gran rapidez. No existe el tiempo de retardo normalmente asociado a los sistemas a base de depósitos. Además, el mecanismo de calentamiento a base de inducción también permite ajustar rápidamente la temperatura, ya que la fuente principal de calor (la inducción) se puede modificar casi instantáneamente. A diferencia de lo que ocurre, por ejemplo, con los elementos calentadores resistivos tradicionales, el tiempo de espera para que el elemento calentador se enfríe después de retirar la corriente se reduce sustancialmente.

De acuerdo con una o más realizaciones, al menos uno o más cuerpos conductores (por ejemplo, los tubos conductores 30a, 30b 32) del calentador pueden estar formados por un material magnético que tiene una permeabilidad relativa magnética de al menos 800. Esta permeabilidad magnética muy alta permite que los cuerpos conductores (por ejemplo, los tubos 30) se proporcionen con un grosor muy bajo (por ejemplo, menos de 1 mm) mientras se mantiene una alta capacidad de respuesta de la inducción magnética en los cuerpos conductores.

En contraste, en las disposiciones conocidas, las dianas conductoras se proporcionan con un cierto grosor mínimo para permitir una "captación" suficiente de los campos magnéticos en los blancos y evitar así la interacción entre las vueltas de la bobina del inductor opuestas. Aumentando en cambio la permeabilidad magnética, este problema del cuerpo delgado se puede evitar, lo que permite dianas conductoras mucho más delgadas y por lo tanto reducciones sustanciales de peso y uso de materiales.

Ventajosamente, de acuerdo con una o más modalidades, el calentador de agua 12 puede ser alimentado además por una batería capaz de alimentar la(s) bobina(s) inductora(s) 26 durante un determinado período. La batería puede estar configurada para recargarse durante los periodos en los que se dispone de suficiente energía eléctrica. Una batería conectada en paralelo o en lugar de la red eléctrica permite que la unidad funcione con su propia energía. Esto es útil, por ejemplo, para permitir que varias unidades de calentamiento de una vivienda funcionen al mismo tiempo sin sobrecargar el límite de consumo de energía de la vivienda. Una o varias unidades pueden funcionar temporalmente, total o parcialmente, con la energía de la batería.

La batería se puede proporcionar de forma remota al calentador 12 de acuerdo con ciertos ejemplos, y conectarse eléctricamente al calentador para suministrar energía cuando sea necesario. Por ejemplo, una sola batería puede dar servicio a más de un calentador en un edificio o vivienda.

Por ejemplo, se puede utilizar una batería de litio de alto rendimiento.

Durante el uso, un calentador de agua de punto de uso 12 de acuerdo con cualquier modalidad de la presente invención se puede instalar en línea con una alimentación de agua fría existente, o instalarse dentro de un grifo o unidad de grifo de agua, por ejemplo. El calentador de agua se puede instalar directamente adyacente, es decir, directamente aguas arriba del punto de salida de agua particular a ser abastecido por la unidad. La unidad extrae agua directamente de esta alimentación de agua fría y emite agua caliente, calentada sustancialmente de forma instantánea por la unidad.

Los ejemplos de acuerdo con otro aspecto de la presente invención proporcionan un sistema de calentamiento de agua que comprende: una pluralidad de salidas de agua para proporcionar un flujo de salida de agua; y un calentador de agua de punto de uso correspondiente de acuerdo con cualquier modalidad o ejemplo descrito anteriormente o de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la presente solicitud, el calentador de agua instalado en línea con cada una de dichas salidas de agua para suministrar agua calentada a cada salida.

La pluralidad de salidas de agua del sistema de calentamiento de agua pueden ser puntos de suministro de agua caliente, es decir, puntos de suministro donde el agua puede ser extraída del sistema, por ejemplo, por un usuario, para su uso por el usuario. Cada calentador por inducción se instala en línea con una de la pluralidad de salidas de agua (o puntos de suministro de agua), lo que significa que se instala, por ejemplo, en línea con una tubería de suministro de agua que conduce a la salida de agua (o punto de suministro) para calentar el agua a su paso por dicha tubería de camino a la correspondiente salida de agua del sistema.

Los ejemplos de acuerdo con otro aspecto proporcionan un sistema de calentamiento de agua que comprende: una o más salidas de agua para proporcionar el flujo de salida de agua;

un calentador de agua de punto de uso 12 correspondiente de acuerdo con cualquier ejemplo o modalidad descritos anteriormente o de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la presente solicitud, instalado en línea con cada una de dichas salidas de agua para suministrar agua calentada a cada salida; y un conjunto de generación remoto o central, dispuesto en comunicación eléctrica con cada uno de los correspondientes calentadores de agua de punto de uso, y configurado para proporcionar una señal de alimentación eléctrica a cada uno de los calentadores para alimentar eléctricamente al menos la activación de la bobina inductora de cada calentador.

La configuración eléctrica de un ejemplo de sistema de calentamiento de agua de acuerdo con un conjunto de modalidades se ilustra esquemáticamente en la Figura 24.

El sistema comprende un conjunto de generación central remoto 130 situado en una ubicación central conveniente, remoto de cada uno de un conjunto de N calentadores de agua de punto de uso, cada uno instalado localmente en línea con una salida de agua correspondiente (no mostrada). El sistema comprende al menos un calentador de agua, pero preferentemente una pluralidad de calentadores de agua.

Cada calentador de agua 12 y la salida de agua conectada están situados dentro de un área de uso correspondiente, y el generador 130 está situado en una área de generadores, el área de generadores, por ejemplo, está alejada de cada área de uso. A modo de ejemplo, puede estar separada de cada área de uso por una distancia de al menos 2 m, por ejemplo de al menos 3 m, por ejemplo de al menos 5 m.

En el ejemplo ilustrado, el conjunto de generación remoto 130 está configurado para emitir una señal de alimentación de CD a cada calentador de agua, y cada calentador está configurado para recibir una señal de entrada de alimentación de CD del generador y procesarla para generar una señal de activación de CA para activar las bobinas inductoras del calentador. A modo de ejemplo, cada calentador 12 puede ser un calentador de acuerdo con la modalidad de las Figuras 19-23.

El conjunto de generación central 130 recibe una entrada de alimentación de CA de la red. El generador comprende un convertidor CA-CD (un rectificador CA-CD) 134 configurado para convertir dicha entrada de alimentación de CA en

una señal de alimentación de CD de salida para suministrarla a cada uno de los correspondientes calentadores de agua 12. El generador comprende además, preferentemente, un banco de capacitores de suavización de CD 136 conectados eléctricamente entre el rectificador de CA-CD 134 y el conector de salida 140 del conjunto de generación 130. Esto actúa para suavizar o igualar las fluctuaciones en la señal de CD de salida. Un capacitor de suavización es un componente eléctrico bien conocido, y el experto sabrá cómo implementar este componente.

El conjunto de generación central 130 está conectado eléctricamente a cada uno de los calentadores de punto de uso 12, preferentemente mediante uno o más alambres de conexión 144, de manera que cada calentador está configurado para recibir la señal de alimentación de CD de salida del conjunto de generación.

En este sistema del ejemplo, cada calentador de punto de uso 12 comprende un convertidor de CD-CA 110 configurado para transformar la señal de alimentación de CD recibida en una señal de activación de CA que tiene una frecuencia adecuada para activar las bobinas inductoras 26. Las bobinas inductoras están acopladas a un capacitor 62 para formar un circuito resonante con el capacitor. La señal de activación de CA puede generarse con una frecuencia que coincide sustancialmente con la frecuencia de resonancia de dicho circuito resonante.

Por lo tanto, los elementos que transforman la señal de CD en una señal de activación de CA de alta frecuencia están situados en las proximidades o dentro de cada punto de uso de la unidad de calentamiento 12, en lugar de estar situados en el generador central. Esto significa que la transmisión de la señal eléctrica alterna de alta frecuencia se limita al área del punto de uso, con mayor preferencia al interior del recinto del calentador.

Además, el rectificador CA-CD está situado en el centro, lo que significa que no hay necesidad de proporcionar una conexión de red de alta energía separada a cada calentador 12. Se puede proporcionar una única conexión de red al generador central. Los calentadores no incluyen ningún convertidor CA-CD entre la conexión de entrada de energía de cada calentador y el convertidor de CD-CA.

El alambre o cualquier otro medio de conexión eléctrica 144 que transporta la energía eléctrica desde el generador de inducción 130 hasta el punto de uso del calentador 12 puede, en esta modalidad descrita, transportar la energía en forma de CD pulsante, lo que limita el potencial peligro de inducción electromagnética externa. El alambre o cualquier otro dispositivo de transporte eléctrico puede estar provisto de blindaje electromagnético en este caso para evitar que el alambre cause interferencias en los dispositivos circundantes. La pulsación de alta frecuencia, a pesar de su naturaleza de CD (no alternante), puede inducir ruido y/o calentamiento en los equipos y estructuras circundantes.

En otros ejemplos ventajosos, cada calentador de agua 12 puede comprender además un medio de filtrado eléctrico, como uno o más capacitores de filtrado, conectado eléctricamente entre el punto de entrada de corriente continua del calentador y el convertidor de CD-CA 110. Esto inhibe la transmisión de los componentes de la señal de CA desde los convertidores de CD-CA hacia el conector de entrada.

De este modo, las pulsaciones de alta frecuencia se filtrarán de los componentes eléctricos anteriores del sistema, es decir, el alambre 144, y la red eléctrica y los componentes del generador. Una señal eléctrica de CD estable y sin pulsaciones será entonces transportada a través del alambre que conecta el generador y el calentador del punto de uso, evitando ventajosamente la necesidad de alambres especialmente blindados o coaxiales. Esto también es óptimo desde el punto de vista de la seguridad.

Aunque en el sistema de ejemplo particular de la Figura 24, el convertidor de CD-CA 110 se coloca localmente en cada punto de uso del calentador, esto no es esencial. En un conjunto alternativo de modalidades, por ejemplo, los convertidores de CD-CA se pueden proporcionar en el conjunto de generación central 130, de manera que el conjunto de generación genera una señal de activación de CA adecuada para activar las bobinas inductoras 26 de cada punto de uso del calentador. Esta señal se transmite entonces a cada calentador a través de la conexión eléctrica 144. En este caso, los calentadores no incluyen ningún convertidor de CD-CA entre la conexión de entrada de energía de cada calentador y el circuito resonante que comprende las bobinas inductoras 26 y el capacitor resonante 62. En este conjunto de modalidades, cada calentador puede ser un calentador de acuerdo con la modalidad de las Figuras 12-13 por ejemplo.

De acuerdo con cualquiera de las dos modalidades, el generador central puede, en ejemplos ventajosos, incluir opcionalmente una batería auxiliar 138. Ésta puede estar conectada en paralelo con la batería de capacitores de alisado 136. La batería es preferentemente una batería de litio, preferentemente con una potencia de al menos 12 KW, preferentemente entre 12-16 KW, y preferentemente con una capacidad de carga de al menos 120 Ah y con mayor preferencia entre 120-200 Ah.

La batería 138 se puede utilizar para complementar el suministro de energía primaria durante los períodos de alta demanda, por ejemplo, cuando varios calentadores de agua 12 están tomando energía del generador 130 simultáneamente. Por ejemplo, en una vivienda doméstica, en periodos de alta demanda, la potencia total de calentamiento de agua requerida puede estar entre 18-24 KW. Por ejemplo, una caldera de gas doméstica típica tiene una potencia máxima de 24 KW. Este consumo de energía puede superar el consumo máximo posible de la red

eléctrica de la vivienda. Por lo tanto, la batería puede permitir complementar la potencia de la red en los momentos de máxima demanda.

Se puede implementar una carga inteligente de la batería. Por ejemplo, el conjunto de generación 130 puede incluir medios de control, por ejemplo, un controlador o procesador, configurado para implementar selectivamente

un modo de carga en el que la batería 138 se carga a través de la energía recibida a través de la entrada principal de energía, y dicha entrada de energía principal se utiliza para generar cada una de dichas señales de suministro de energía para su suministro a cada uno de los correspondientes calentadores de agua 12; y
un modo de extracción de la batería en el que la energía almacenada en la batería se utiliza como entrada de energía secundaria para generar cada una de las señales de suministro de energía correspondientes, ya sea sola o además de la entrada de energía primaria.

De acuerdo con las modalidades preferidas, el sistema de calentamiento de agua puede comprender un medio de control (ya sea el mismo o diferente a los medios de control anteriores) configurado para controlar la frecuencia de CA de la señal de activación de CA suministrada al circuito resonante de cada calentador de agua 12 para activar la al menos una bobina inductora de cada uno. La señal de activación de CA es emitida por un convertidor de CD-CA 110 que puede estar ubicado centralmente en el generador remoto 130, o puede incluirse un convertidor de CD-CA separado como parte de cada calentador. En cualquier caso, los medios de control pueden controlar la generación de una o más señales guía indicativas de una frecuencia de CA objetivo de salida de los convertidores de CD-CA, en donde los convertidores de CD-CA están adaptados para generar una señal de activación de CA de salida de acuerdo con la frecuencia indicada de la señal guía.

Estos medios de control pueden estar ubicados centralmente en el conjunto de generación remoto 130, y en donde la una o más señales guía se comunican a cada uno de los uno o más calentadores a través de una conexión cableada o inalámbrica.

Alternativamente, al menos una parte de los medios de control 130 puede estar distribuida entre uno o más calentadores de agua 12.

El sistema puede comprender además un dispositivo de interfaz de usuario que permita a un usuario ajustar uno o más parámetros relacionados con el funcionamiento de los calentadores. Por ejemplo, el sistema puede permitir una potencia máxima controlable por el usuario de cada calentador 12, y/o una temperatura máxima del agua de cada calentador. El generador central puede realizar estos ajustes mediante la regulación del nivel de potencia de la señal de alimentación de salida suministrada a cada calentador.

Los medios de control pueden comprender un procesador cargado con un programa de ordenador configurado cuando se ejecuta para implementar las diversas funciones de control y/o de carga de la batería que se discuten en esta divulgación.

Opcionalmente, el conjunto de generación remoto 130 puede, por ejemplo, estar situado en una sala diferente a cada uno de los calentadores de agua de punto de uso 12. Opcionalmente, puede estar situado a una distancia mínima de cada uno de los calentadores de agua, por ejemplo, al menos a 2 m de cada uno de los calentadores de agua, por ejemplo, al menos a 3 m de cada uno de los calentadores de agua, por ejemplo, al menos a 5 m de cada uno de los calentadores de agua.

Ejemplos de acuerdo con otro aspecto de la invención proporcionan un método de calentamiento de agua por inducción de punto de uso para calentar agua en línea con una tubería de suministro de agua, el método comprende:

recibir agua en un espacio de recepción de agua 22, el espacio de recepción de agua dispuesto entre una entrada 18 y una salida 20;
activar al menos una bobina inductora 26a, 26b contenida en el espacio de recepción de agua 22 y dispuesta de manera que haga contacto con (y/o sea sumergida por) el agua que fluye durante el uso entre la entrada 18 y la salida 20 con una corriente para inducir así magnéticamente corrientes eléctricas en al menos un cuerpo conductor contenido en el espacio de recepción de agua para calentar el cuerpo conductor, y para calentar así el agua que fluye durante el uso entre la entrada 18 y la salida 20.

Como se describió anteriormente, ciertas modalidades utilizan un controlador o medio de control. El controlador o medio de control puede implementarse de numerosas maneras, con software y/o hardware, para realizar las diversas funciones requeridas. Un procesador es un ejemplo de controlador que emplea uno o más microprocesadores que pueden programarse mediante software (por ejemplo, microcódigo) para realizar las funciones requeridas. Sin embargo, un controlador se puede implementar con o sin emplear un procesador, y también se puede implementar como una combinación de hardware dedicado para realizar algunas funciones y un procesador (por ejemplo, uno o más microprocesadores programados y circuitos asociados) para realizar otras funciones.

Los ejemplos de componentes de controlador que se pueden emplear en diversas modalidades de la presente divulgación incluyen, pero no se limitan a, microprocesadores convencionales, circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) y matrices de puertos programables en campo (FPGA).

- 5 En varias implementaciones, un procesador o controlador puede estar asociado con uno o más medios de almacenamiento, tales como memorias informáticas volátiles y no volátiles, como RAM, PROM, EPROM y EEPROM. Los medios de almacenamiento pueden estar codificados con uno o más programas que, al ser ejecutados en uno o más procesadores y/o controladores, realizan las funciones requeridas. Varios medios de almacenamiento pueden ser fijos dentro de un procesador o controlador o pueden ser transportables, de tal manera que uno o más programas
10 almacenados en ellos pueden ser cargados en un procesador o controlador.

- Las variaciones de las modalidades divulgadas pueden ser comprendidas y efectuadas por los expertos en la técnica en la práctica de la invención reivindicada, a partir de un estudio de los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, la palabra "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluyen una pluralidad. Un único procesador u otra unidad pueden cumplir las funciones de varios elementos expuestos en las reivindicaciones. El mero hecho de que ciertas medidas se exponen en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no pueda usarse para beneficio. Un programa de computadora puede almacenarse/distribuirse en un medio adecuado, como un medio de almacenamiento óptico o un medio de estado sólido proporcionado junto con o como parte de otro
15 hardware, pero también puede distribuirse en otras formas, como a través de Internet u otros sistemas de telecomunicaciones por cable o inalámbricos. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como limitante del ámbito.
20

REIVINDICACIONES

1. Un calentador de agua por inducción de punto de uso (12) para su instalación en línea con una tubería de suministro de agua, para calentar el agua que fluye a través de la unidad entre una entrada (18) y una salida (20), el calentador de agua que comprende:

un espacio de recepción de agua (22) dispuesto entre la entrada (18) y la salida (20);
 al menos una bobina inductora (26a, 26b) contenida en el espacio de recepción de agua (22) y dispuesta de manera que entre en contacto con el agua que fluye entre la entrada (18) y la salida (20) y sea sumergida por ella; y
 al menos un cuerpo conductor de electricidad (30a, 30b) contenido en el espacio de recepción de agua (22), y dispuesto para inducir magnéticamente en él corrientes eléctricas mediante la activación de la al menos una bobina inductora (26a, 26b), las corrientes eléctricas para calentar el cuerpo conductor, para así calentar el agua que fluye durante el uso entre la entrada (18) y la salida (20),
 el calentador de agua que tiene un conector de entrada de energía (114) para recibir una entrada de energía CD desde el exterior del calentador, y
 el calentador de agua que comprende un convertidor local de CD-CA (110) dispuesto para recibir y transformar la entrada de energía CD en una señal de activación eléctrica de CA para activar la al menos una bobina inductora (26).

2. Un calentador de agua (12) como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde el calentador de agua comprende además un capacitor (62) acoplado eléctricamente con la al menos una bobina inductora (26a, 26b), para formar así un circuito resonante con la al menos una bobina inductora; el circuito resonante que tiene una frecuencia de resonancia eléctrica.

3. Un calentador de agua (12) como se reivindicó en la reivindicación 2, en donde el capacitor (62) está dispuesto en comunicación térmica con el espacio de recepción de agua (22) para transferir calor al agua que fluye a través de dicho espacio de recepción de agua entre la entrada (18) y la salida (20).

4. Un calentador de agua como se reivindicó en la reivindicación 3, en donde

el espacio de recepción de agua está encerrado en una carcasa conductora de electricidad (14), una superficie interior de la carcasa dispuesta de manera que entre en contacto con el agua que pasa a través del espacio de recepción de agua entre la entrada y la salida, y la carcasa dispuesta de manera que sea calentada inductivamente durante el uso por la al menos una bobina inductora (26) al activar la corriente a través de la bobina, y
 el capacitor (62) se dispone envuelto coaxialmente alrededor del exterior de la carcasa conductora eléctrica (14), en comunicación térmica con la carcasa, pero aislado eléctricamente de ella.

5. Un calentador de agua (12) como se reivindicó en la reivindicación 3, en donde el capacitor (62) está contenido dentro del espacio de recepción de agua (22), aislado eléctricamente del agua que fluye a través del espacio, y en comunicación térmica con el agua que pasa.

6. Un calentador de agua (12) como se reivindicó en la reivindicación 5, en donde el capacitor (62) define una forma anular con un orificio central (66), y el capacitor está dispuesto en el espacio de recepción de agua (22) de manera que el orificio define un canal de flujo de agua dispuesto para recibir el agua que fluye entre la entrada (18) y la salida (20), y opcionalmente en donde se proporciona además un conjunto de aletas radiales de disipación de calor (68) dentro del orificio del capacitor (66), acoplado térmicamente al capacitor (62), para acoplar el calor al agua que pasa a través del orificio.

7. Un calentador de agua como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 2-6, el calentador de agua dispuesto para proporcionar dicha señal de activación eléctrica de CA al circuito resonante para activar la al menos una bobina inductora (26), y opcionalmente en donde dicha señal de activación eléctrica de CA tiene una frecuencia que coincide con dicha frecuencia de resonancia del circuito resonante.

8. Un calentador de agua (12) como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde los convertidores de CD-CA (110) comprenden uno o más transistores, que son preferentemente transistores bipolares de puerta aislada (IGBT).

9. Un calentador de agua (12) como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde

el calentador de agua comprende un medio de filtro eléctrico (118) conectado eléctricamente entre los convertidores de CD-CA (110) y el conector de entrada de energía (114), adaptado para inhibir la transmisión de componentes de la señal CA desde los convertidores de CD-CA hacia el conector de entrada de energía; o

la señal de entrada de energía de CD es una señal de entrada de energía de CD pulsada, y los convertidores de CD-CA (110) están configurados para transformar dicha señal de entrada de energía de CD pulsada en dicha señal de activación de CA para activar la al menos una bobina inductora (26).

- 5 10. Un calentador de agua (12) como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en donde los convertidores de CD-CA (110) están dispuestos en comunicación térmica con el espacio de recepción de agua (22), para transferir calor al agua que fluye a través de dicho espacio de recepción de agua entre la entrada (18) y la salida (20).
- 10 11. Un calentador de agua (12) como se reivindicó en la reivindicación 10, en donde los convertidores de CD-CA (110) están dispuestos en comunicación térmica con el espacio de recepción de agua (22) a través de un elemento de transferencia de calor (112) que tiene al menos una porción dispuesta de manera que hace contacto con el agua que fluye durante el uso entre la entrada (18) y la salida (20), y
15 opcionalmente, en donde el elemento de transferencia de calor (112) está conformado para definir un orificio central (116), y dispuesto de manera que el orificio define un canal de flujo de agua dispuesto para recibir el agua que fluye entre la entrada (18) y la salida (20), para transferir el calor de los convertidores de CD-CA (110) al agua que pasa a través del canal de flujo de agua.
- 20 12. Un sistema de calentamiento de agua que comprende:
una o más salidas de agua para proporcionar el flujo de salida de agua;
un calentador de agua de punto de uso respectivo (12), como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1-11; instalado en línea con cada una de dichas salidas de agua para suministrar agua calentada a cada una de ellas; y
25 un conjunto de generación remoto (130), dispuesto en comunicación eléctrica con cada uno de los correspondientes calentadores de agua de punto de uso, y configurado para proporcionar una señal de alimentación a cada uno de los calentadores de agua para alimentar eléctricamente al menos la activación de la al menos una bobina inductora (26) de cada calentador de agua.
- 30 13. Un sistema de calentamiento de agua como se reivindicó en la reivindicación 12, en donde el conjunto de generación remoto (130) está configurado para dar salida a una señal de suministro de energía de CD a cada calentador de agua, y preferentemente en donde el conjunto de generación remoto (130) está dispuesto de manera que recibe una entrada de energía de CA y comprende convertidores CA-CD (134) configurados para convertir dicha entrada de energía de CA en una señal de suministro de energía de CD de salida para suministrar a cada uno de los correspondientes calentadores de agua (12).
- 35 14. Un sistema de calentamiento de agua como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 12-13,
el conjunto de generación remoto (130) que comprende una entrada de energía primaria para recibir energía de entrada desde el exterior del generador, y que comprende además una o más baterías (138); y
40 el conjunto de generación remoto que comprende medios de control configurados para implementar selectivamente:
un modo de carga en el que la batería se carga a través de la energía recibida a través de la entrada de energía primaria, y dicha entrada de energía primaria se utiliza para generar cada una de dichas señales de suministro de energía para el suministro a cada uno de los correspondientes calentadores de agua (12); y
45 un modo de extracción de la batería en el que la energía almacenada en la batería se utiliza como entrada de energía secundaria para generar cada una de las señales de suministro de energía correspondientes, ya sea sola o además de la entrada de energía primaria.
- 50 15. Un sistema de calentamiento de agua que comprende:
una pluralidad de salidas de agua para proporcionar el flujo de salida de agua; y
un correspondiente calentador de agua de punto de uso (12), como se reivindicó en cualquiera de las
55 reivindicaciones 1-11, instalado en línea con cada una de dichas salidas de agua para suministrar a cada salida agua calentada.

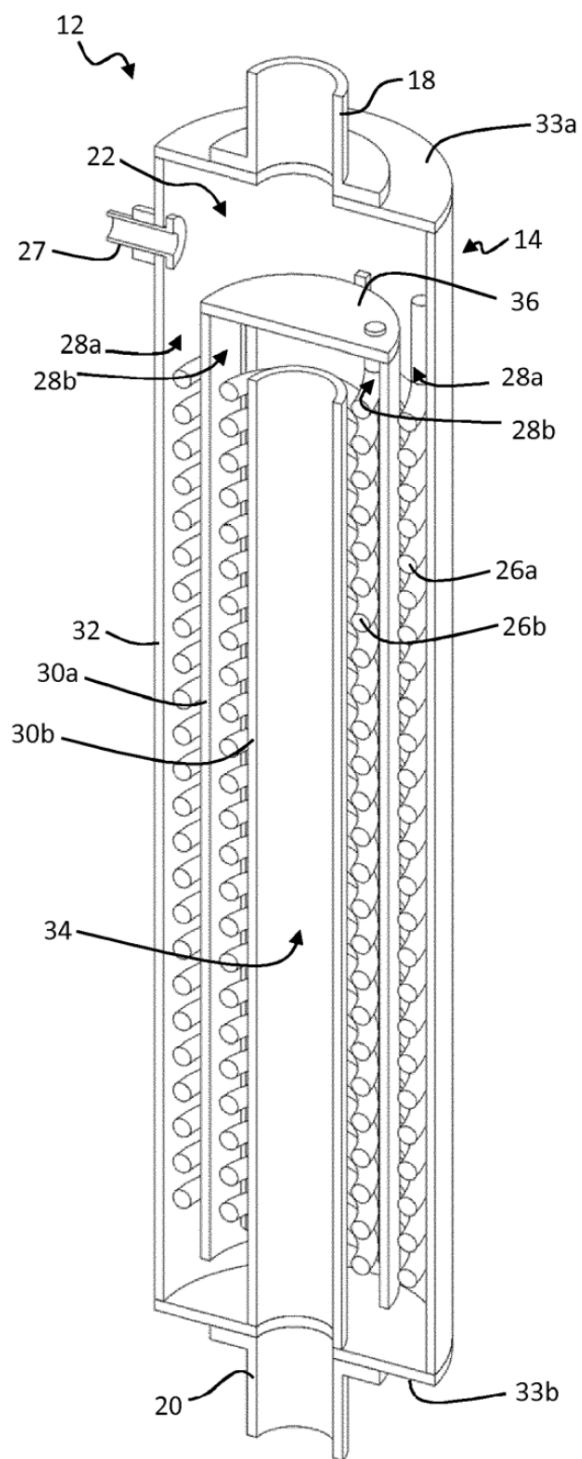


FIGURA 1

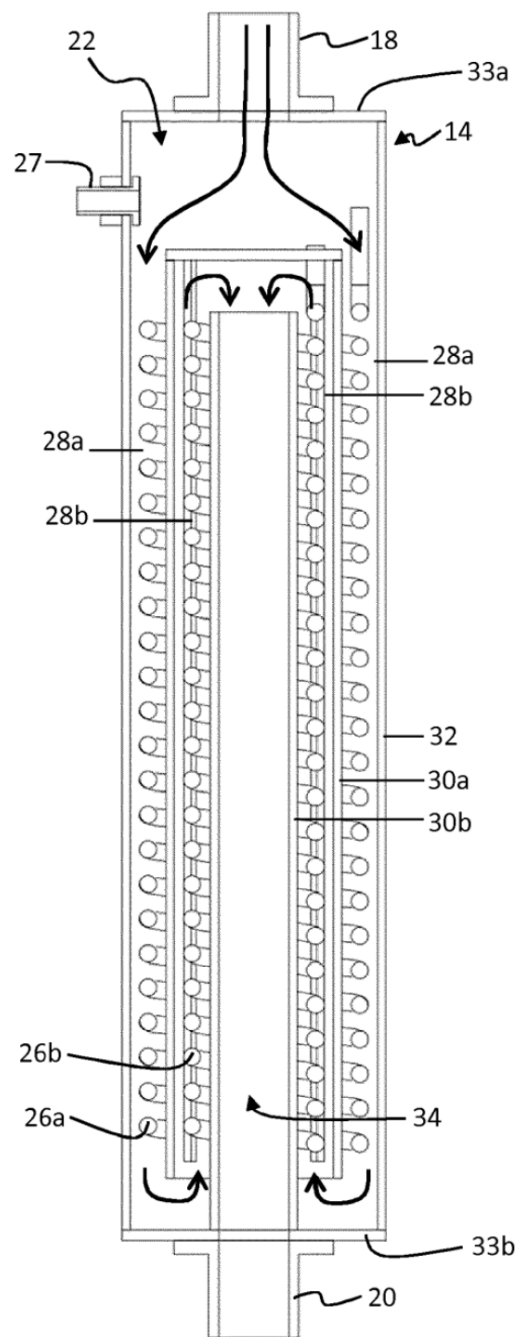


FIGURA 2

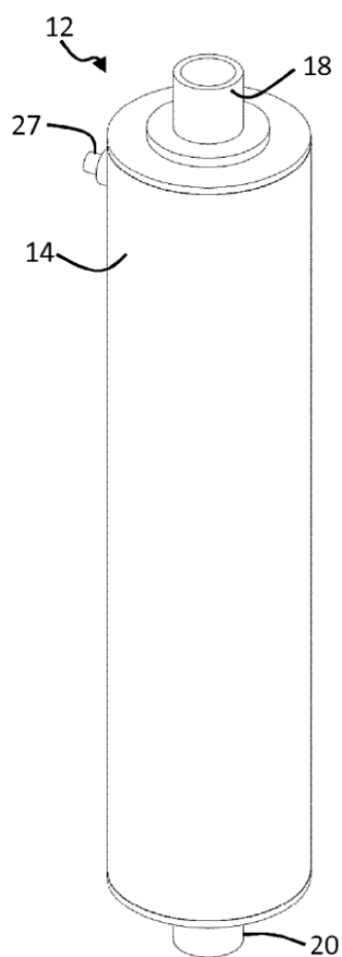


FIGURE 3

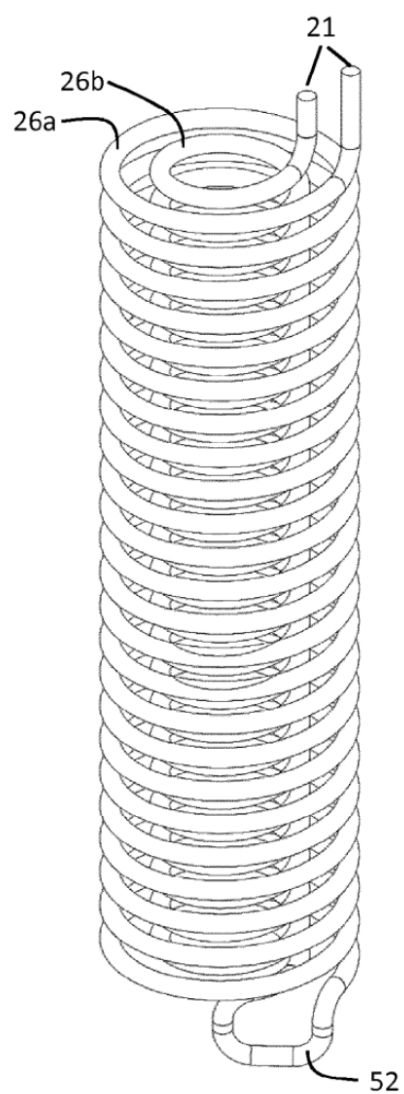


FIGURE 4

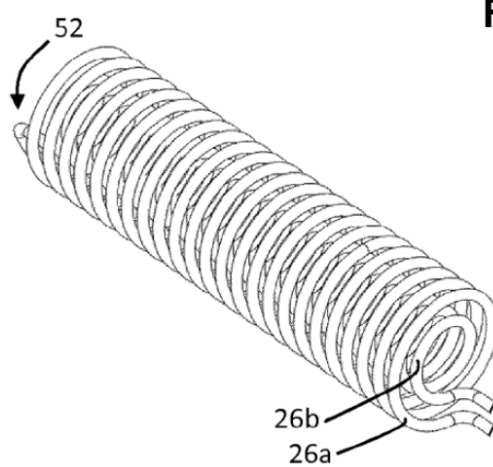


FIGURE 5

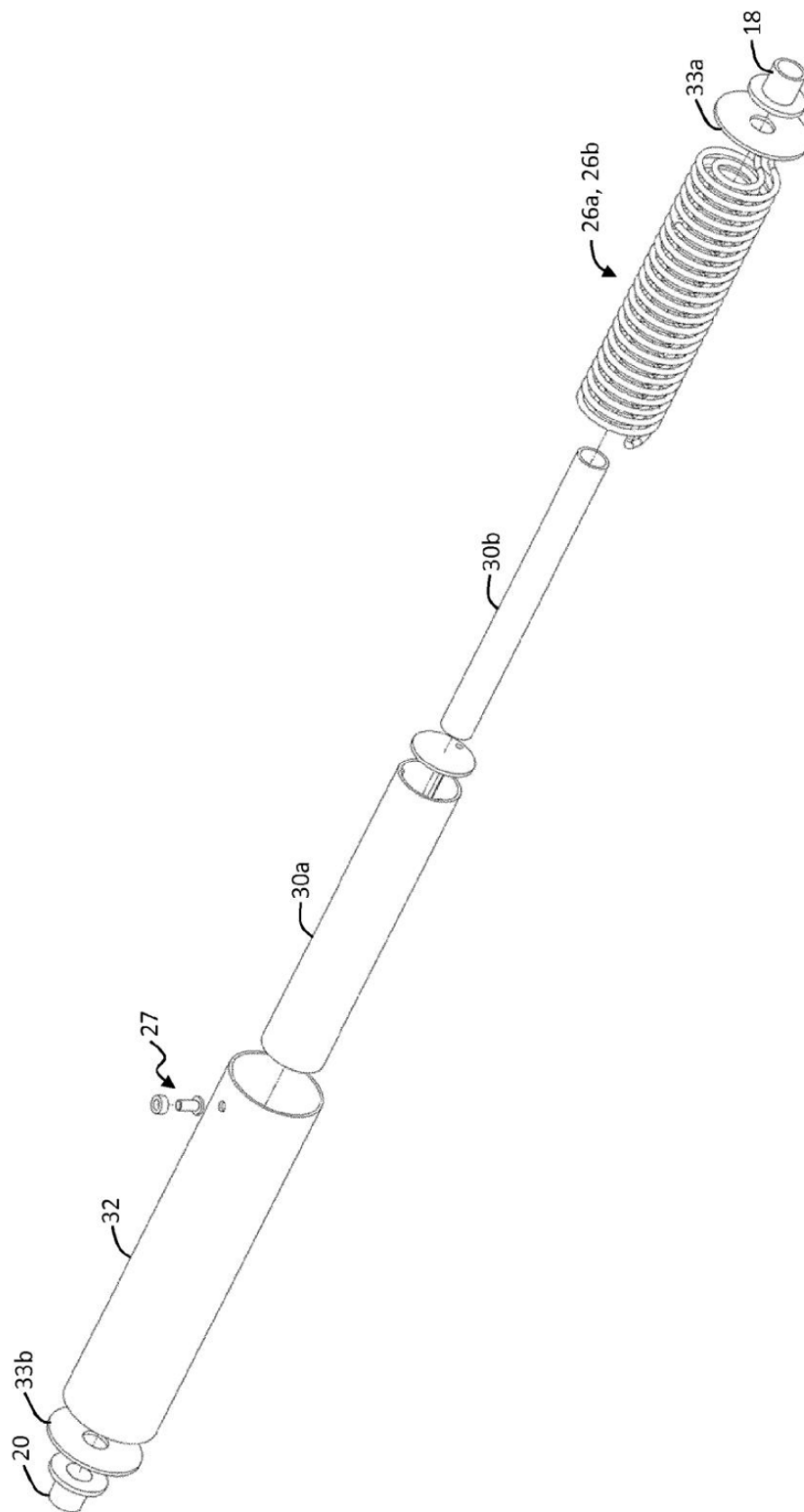


FIGURA 6

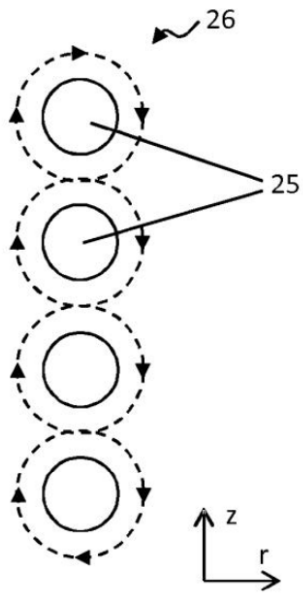


FIGURA 7

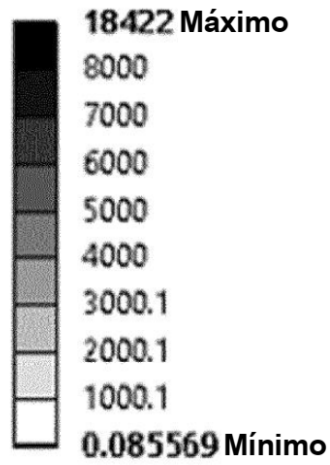


FIGURA 8

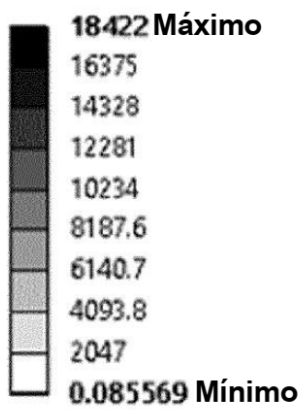
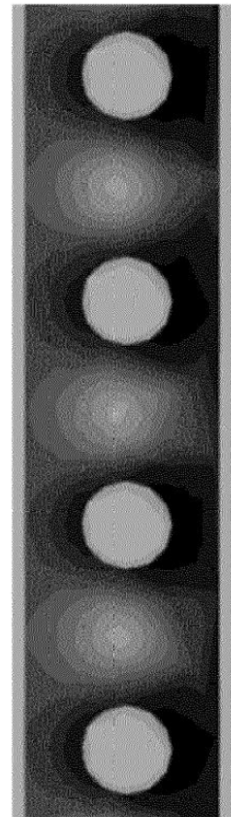
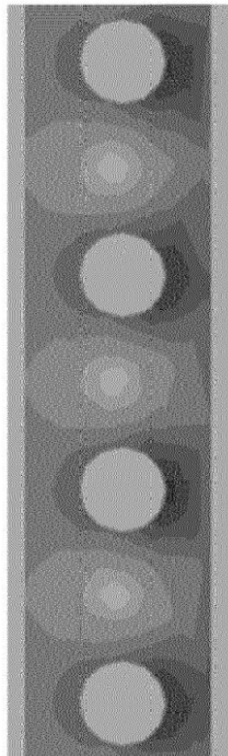


FIGURA 9



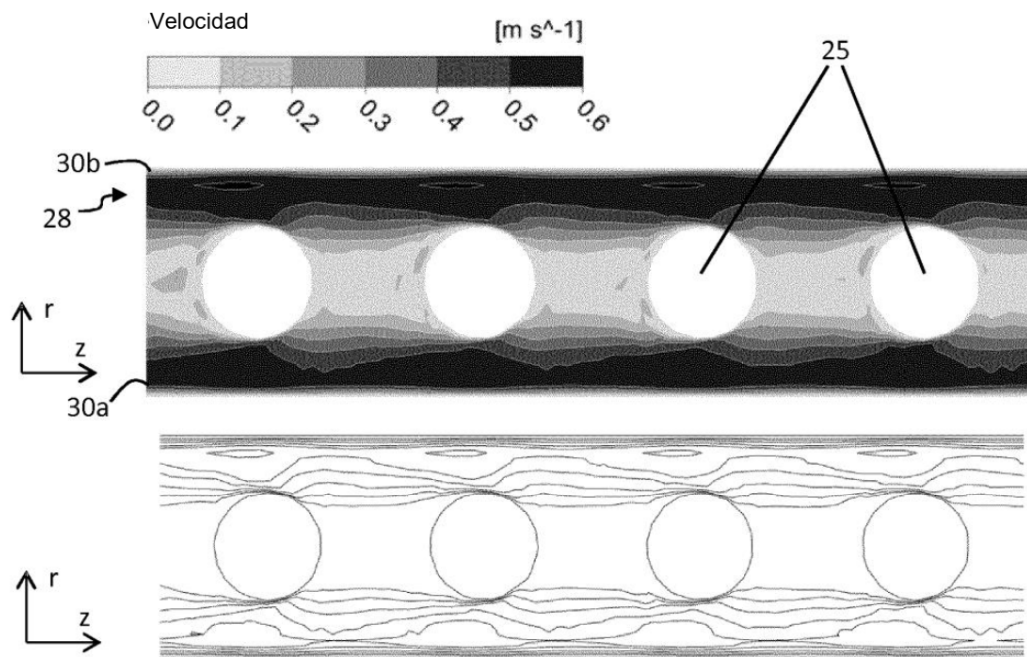


FIGURA 10

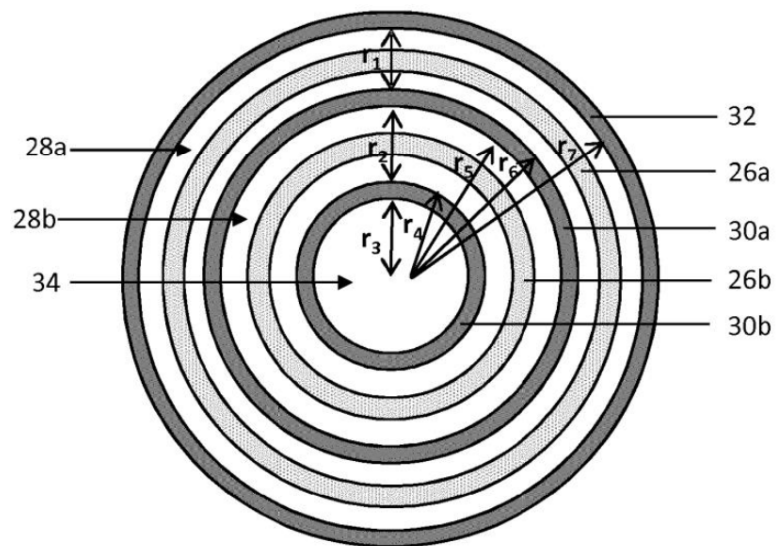


FIGURA 11

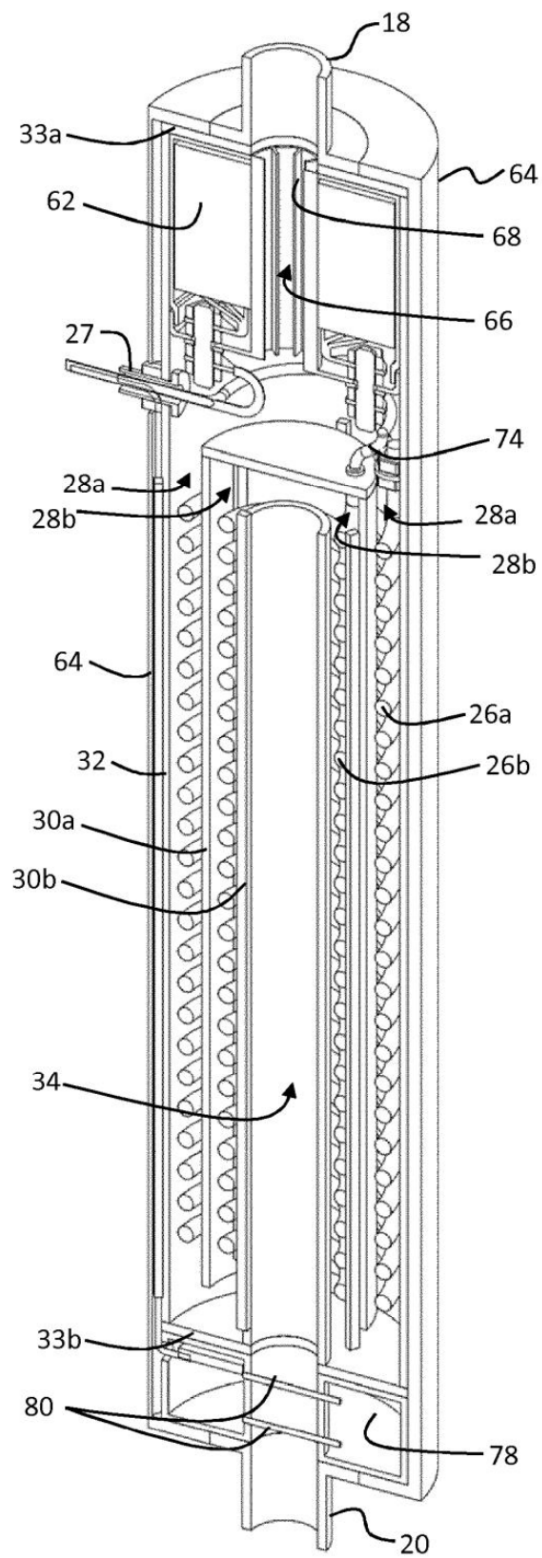


FIGURA 12

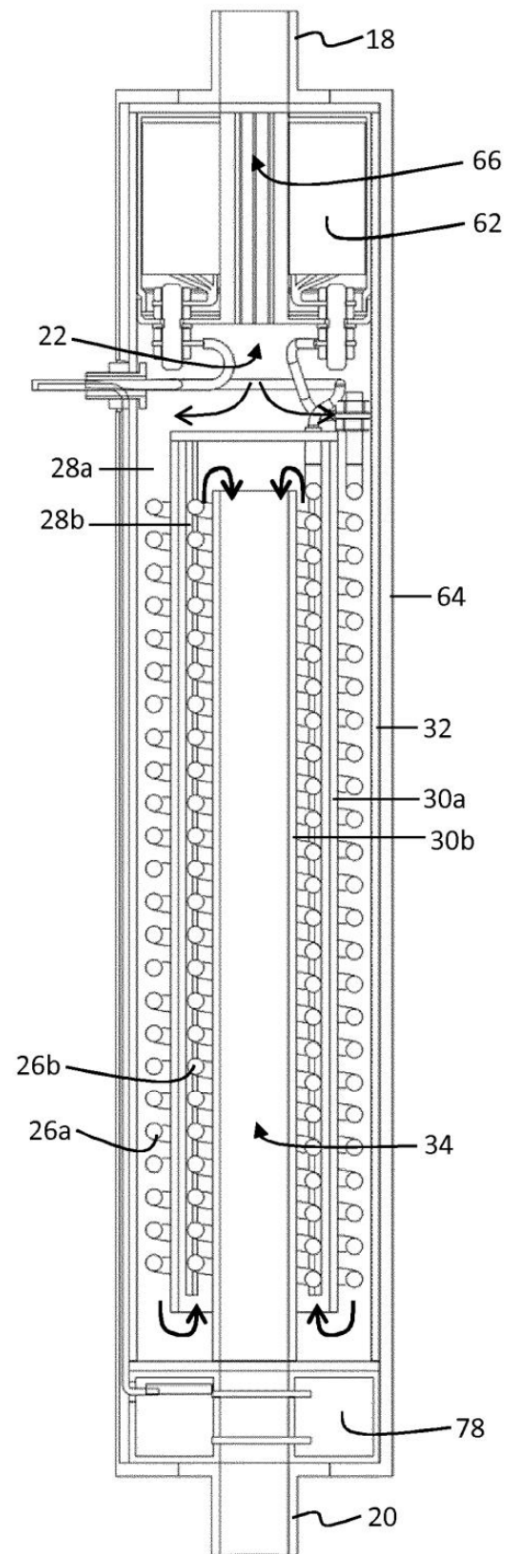


FIGURA 13

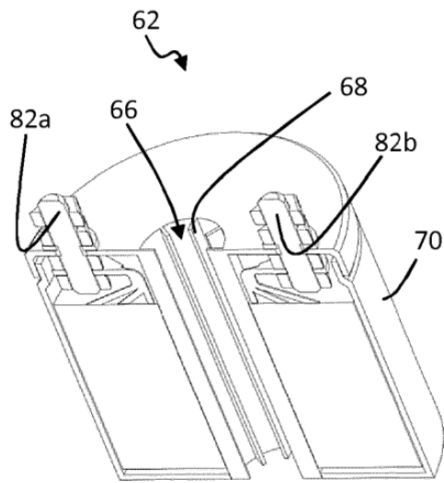


FIGURA 14

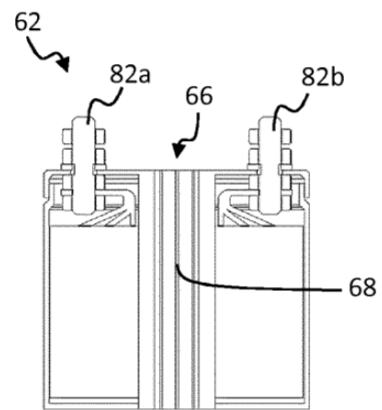


FIGURA 15

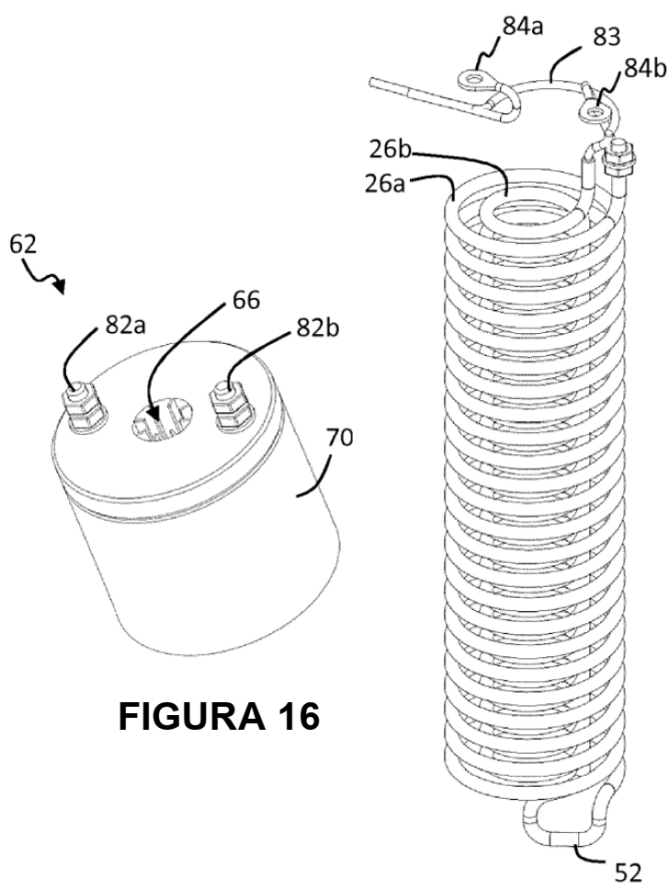


FIGURA 16

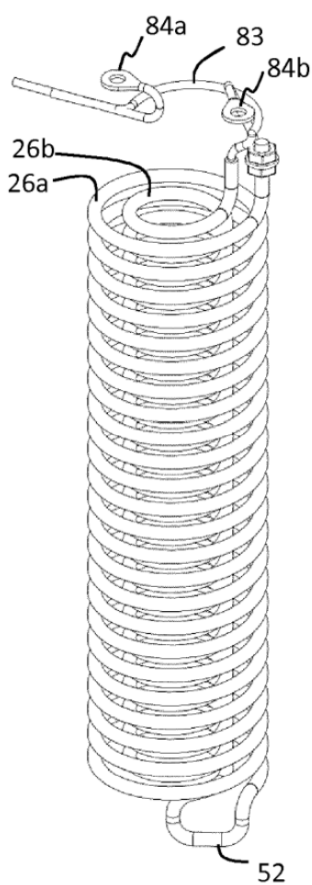


FIGURA 17

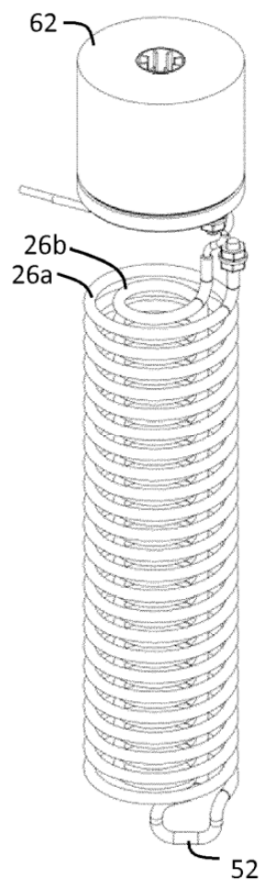


FIGURA 18

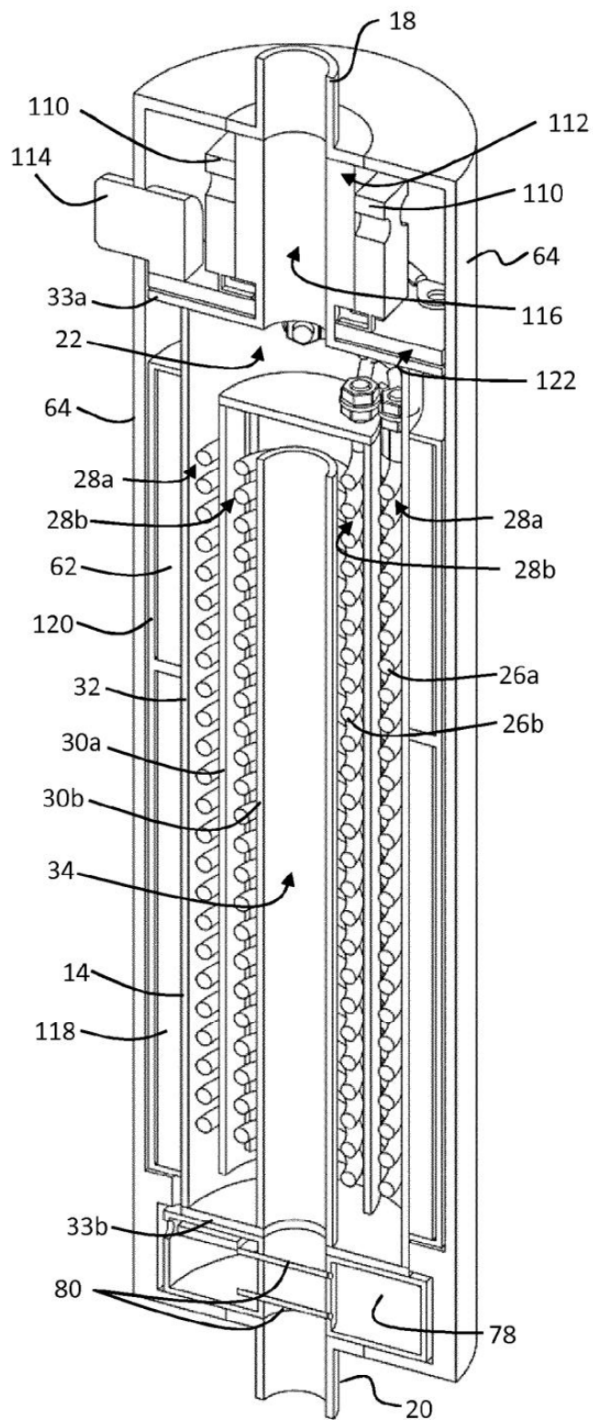


FIGURE 19

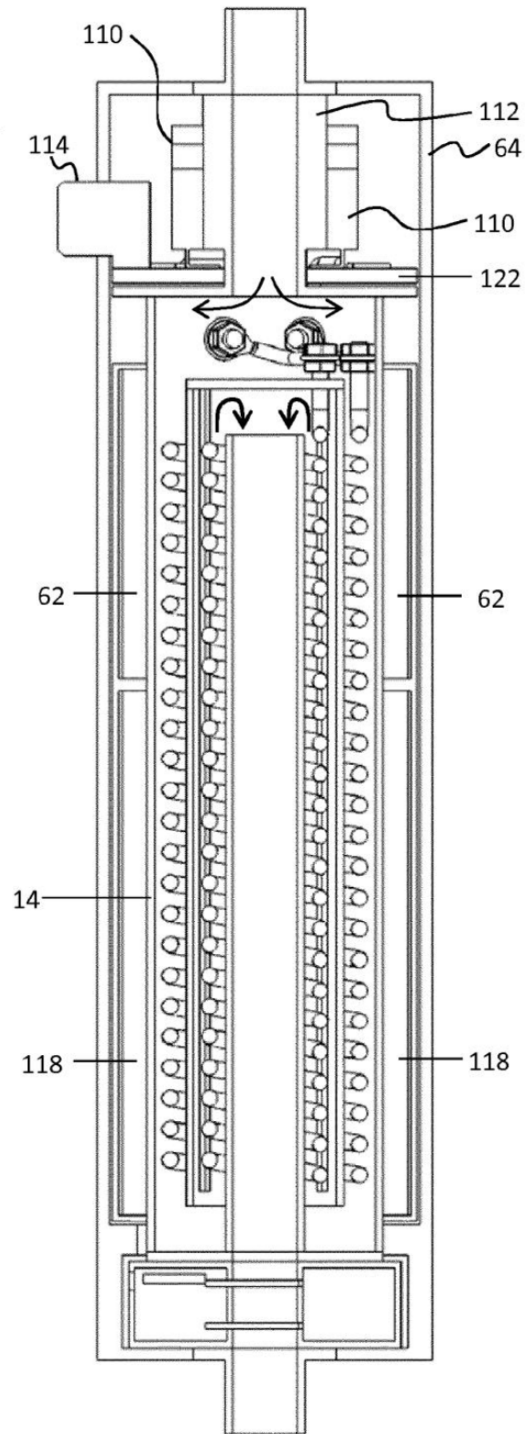


FIGURE 20

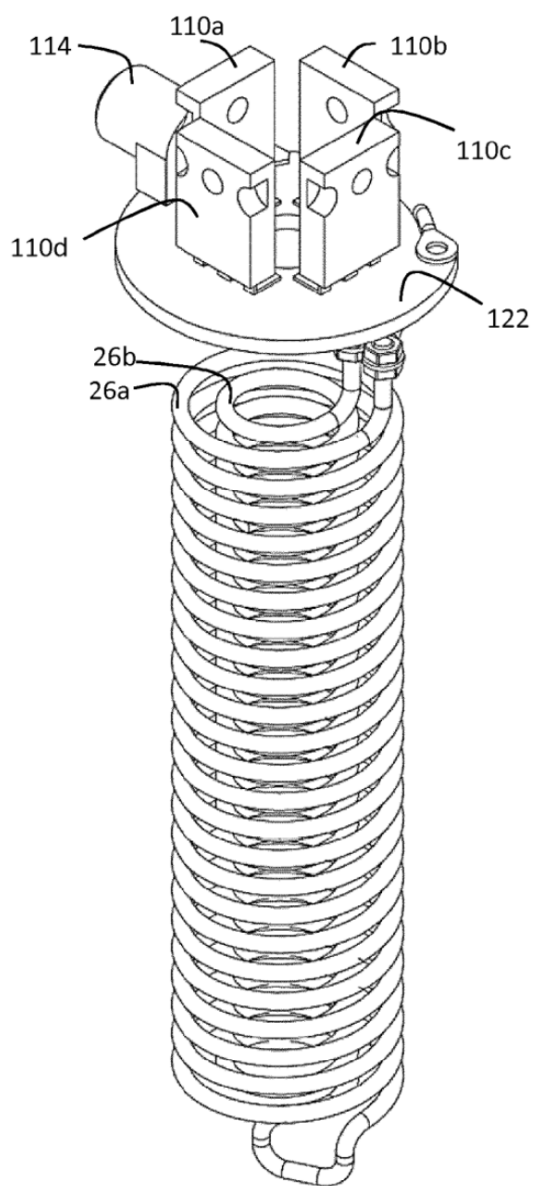


FIGURA 21

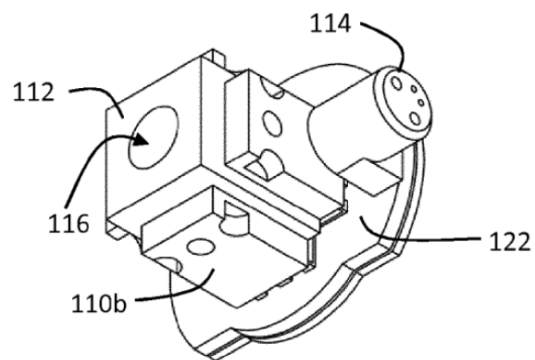


FIGURA 22

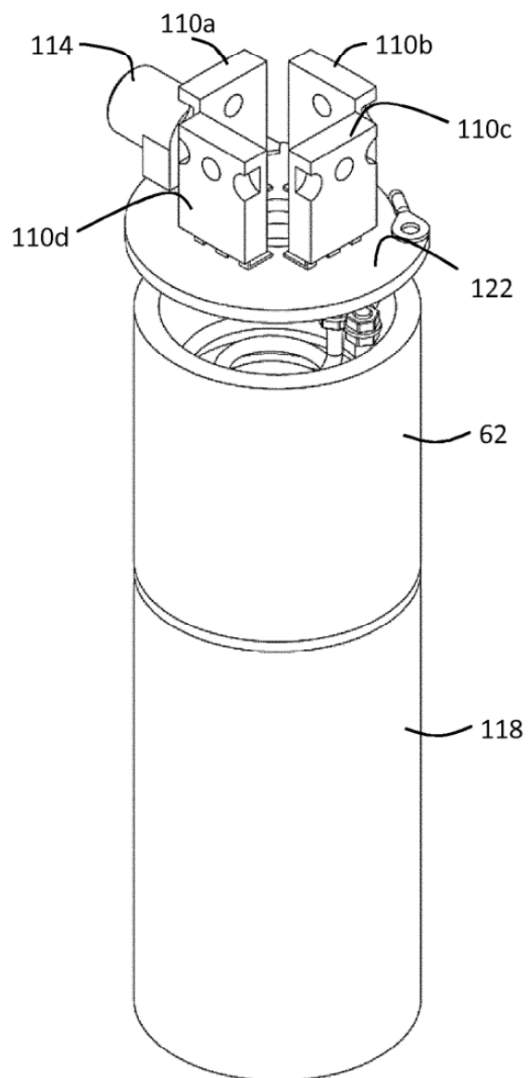


FIGURA 23

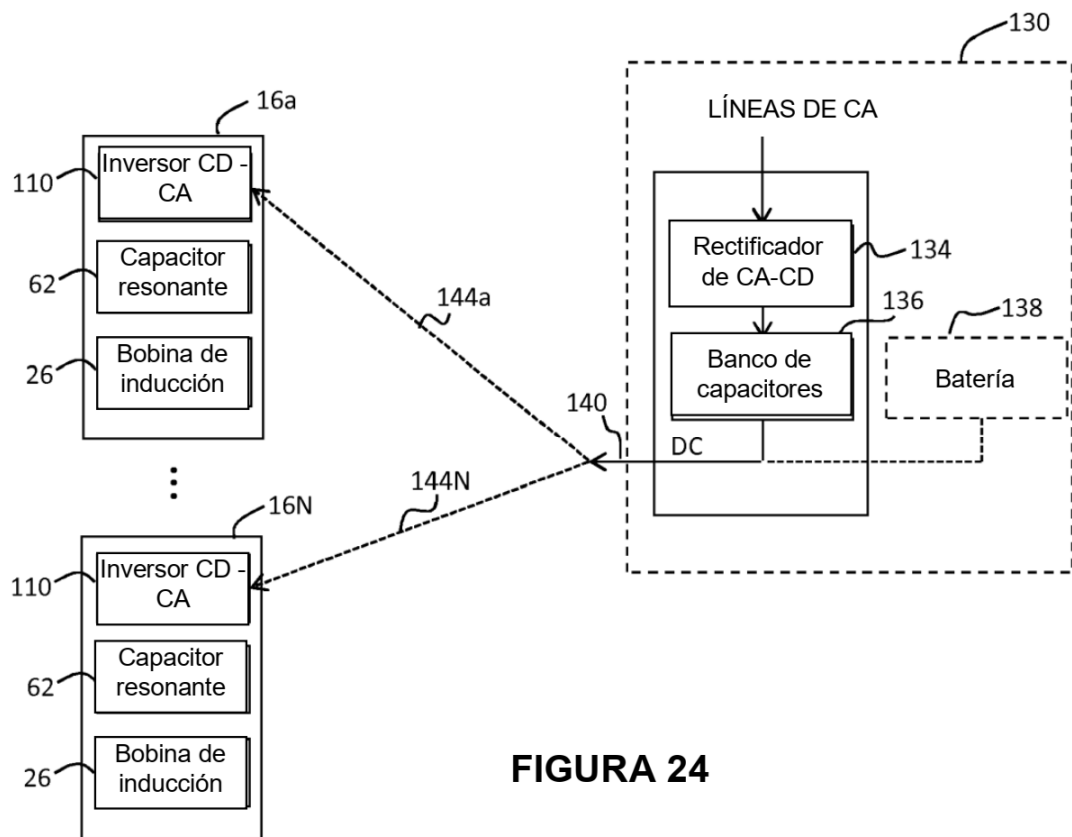


FIGURA 24