

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 779 526**

51 Int. Cl.:

**H05B 3/44** (2006.01)  
**H05B 3/62** (2006.01)  
**B01J 19/24** (2006.01)  
**F24H 1/10** (2006.01)  
**C10G 9/24** (2006.01)  
**H05B 3/00** (2006.01)  
**F16L 53/37** (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.06.2015 PCT/EP2015/001237**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **30.12.2015 WO15197181**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2015 E 15730964 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020 EP 3162165**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para el calentamiento de un fluido en una tubería con corriente trifásica**

30 Prioridad:

**26.06.2014 EP 14002193**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**18.08.2020**

73 Titular/es:

**LINDE GMBH (100.0%)  
Dr.-Carl-von-Linde-Strasse 6-14  
82049 Pullach, DE**

72 Inventor/es:

**EDER, KURT**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 779 526 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

Dispositivo y procedimiento para el calentamiento de un fluido en una tubería con corriente trifásica

5 La invención se refiere a un dispositivo para el calentamiento de un fluido que se guía en al menos una tubería, así como a un procedimiento para el calentamiento de un fluido.

Por el documento DE2362628C3, por ejemplo, se conoce un dispositivo de este tipo. Éste presenta al menos una tubería conductora de electricidad para la recepción del fluido, así como al menos una fuente de tensión o una fuente de corriente configurada para generar una corriente en la al menos una tubería que calienta la tubería para calentar el fluido, generándose calor Joule en la tubería por medio de la resistencia eléctrica de la al menos una tubería, siendo el calor proporcional a la energía eléctrica allí transformada y al tiempo durante el cual fluye la corriente.

En este caso, por fluido se entiende un elemento gaseoso y/o líquido.

15 En lugar del calentamiento directo antes citado, en el que la tubería se compone de un material eléctricamente conductor, fluyendo la propia corriente por la misma, también se conoce la posibilidad de utilizar elementos calefactores para el calentamiento de fluidos como, por ejemplo, bandas calefactoras autolimitadoras, bandas calefactoras de potencia constante o cables calefactores de resistencia fija con un aislamiento mineral en la cara exterior de la tubería a calentar y en la que se guía el fluido a calentar. En este caso, la tubería respectiva con las bandas calefactoras se aísla por regla general en el exterior contra una pérdida de calor en el aire ambiente. Mediante la conducción del calor o la radiación térmica, el calor puede ahora transferirse del cable calefactor a la tubería y de la tubería al elemento contenido o que fluye en la misma.

20 En el calentamiento directo antes citado es especialmente importante prever al menos un aislamiento, a menudo dos aislamientos por razones de redundancia, que eviten un recorrido de corriente paralelo a la tubería calentada directamente con electricidad.

Si el elemento en la tubería perjudica la efectividad del aislamiento, es preciso, por razones de seguridad, desconectar el calentamiento directo. El flujo de corriente paralelo en la totalidad de todas las piezas de la instalación se produce de una forma no controlada. El calor se genera en un punto impredecible, pudiendo unas malas conexiones eléctricas de las piezas de la instalación dar también lugar a chispas, lo que representa un riesgo de seguridad considerable, especialmente en instalaciones potencialmente explosivas.

30 Partiendo de esta base, la presente invención se basa en la tarea de proporcionar un dispositivo mejorado, así como un procedimiento mejorado para el calentamiento de un fluido, que permitan reducir el número de aislante(s) a prever normalmente y evitar los inconvenientes de una corriente paralela.

Esta tarea se resuelve mediante un dispositivo con las características de la reivindicación 1. Las configuraciones ventajosas de la invención se indican, entre otros, en las reivindicaciones dependientes correspondientes.

35 Según la reivindicación 1, se prevé una serie de tuberías conductoras de electricidad para la recepción del fluido, así como una pluralidad de fuentes de tensión. Según la invención, a cada tubería se le asigna respectivamente una fuente de tensión que se conecta a la tubería respectiva, configurándose la fuente de tensión respectiva para generar una corriente eléctrica en la tubería respectiva que calienta la tubería respectiva para el calentamiento del fluido, presentando las fuentes de tensión M conductores externos L1 a LM, siendo M un número natural mayor o igual a dos, y configurándose las fuentes de tensión para poner a disposición una tensión alterna en sus conductores externos L1 a LM, estando cada una de estas tensiones alternas desfasadas entre sí en  $2\pi/M$ , y estando los conductores externos L1 a LM conectados de forma eléctricamente conductora a la respectiva tubería 100 de manera que se establezca una conexión en estrella, en la que cada conductor externo se conecte de forma eléctricamente conductora al punto neutro de la conexión en estrella a través de al menos una parte de la respectiva tubería.

También es posible formar varias conexiones en estrella con puntos neutros separados. Por ejemplo, se puede formar una conexión en estrella separada para cada tubería.

45 En principio, la invención también puede aplicarse a una sola tubería a la que se le asigna una fuente de tensión.

Según una forma de realización preferida de la invención, las tuberías se configuran como tubos de reacción de un reformador.

50 Según una forma de realización preferida de la invención se prevé que las fuentes de tensión presenten respectivamente un conductor neutro, configurándose la fuente de tensión respectiva para proporcionar respectivamente una tensión alterna entre los conductores externos y el conductor neutro, desfasándose las tensiones alternas entre sí en  $2\pi/M$ . Preferiblemente, el conductor neutro respectivo está conectado de forma eléctricamente conductora al punto neutro.

55 En este caso, por una conexión en estrella se entiende una interconexión de cualquier número de conexiones (M conexiones, pudiendo un conductor neutro, en su caso disponible, conectarse también al punto neutro), a través de respectivamente una resistencia, a un punto común denominado punto neutro.

El punto neutro no conduce ventajosamente ninguna corriente en caso de una carga uniforme de los M conductores externos (por ejemplo M=3) (en caso de una carga desigual sólo la diferencia de las corrientes o en caso de una conexión de alta resistencia del conductor neutro al punto neutro de la al menos una tubería, una tensión diferencial), por lo que cabe la posibilidad de suprimir el aislamiento por lo demás habitual en la entrada y en la salida de la tubería.

5 Por este motivo resulta preferible configurar la al menos una tubería o la pluralidad de tuberías, de manera que las corrientes se anulen en el punto neutro. Dicho de otro modo, con preferencia las conexiones eléctricamente conductoras establecidas (que comprenden respectivamente una parte de la al menos una tubería) entre el conductor externo respectivo de la al menos una fuente de tensión y el punto neutro, presentan la misma resistencia óhmica, por lo que las distintas corrientes se anulan en el punto neutro.

10 Con respecto a la puesta a tierra de servicio, generalmente se prevé, en caso de estar disponible un conductor neutro (por ejemplo, una red TN), conectar a tierra el punto neutro de la fuente de tensión o la conexión N. En este caso, la toma de tierra puede realizarse, por ejemplo, rígida, de baja resistencia o también inductiva. Esta puesta a tierra de servicio no es necesaria en caso de una red trifilar o de una red IT sin ningún conductor neutro.

15 En los dos tipos de red mencionados, el punto neutro de dicha conexión en estrella según la invención o de la al menos una tubería se conecta preferiblemente a tierra, en especial se conecta a tierra de forma rígida. En caso de un suministro de energía con un conductor neutro (por ejemplo, la red TN), en la que el punto neutro de la fuente de tensión (conexión N) se conecta a tierra de forma rígida, la puesta a tierra del punto neutro de la conexión en estrella citada o de la al menos una tubería también puede omitirse según una variante de realización de la invención.

20 En el caso de la al menos una tubería o de la pluralidad de tuberías puede tratarse de una tubería continua. Sin embargo, la tubería también puede presentar varias secciones que no están conectadas entre sí de forma conductora en cuanto a fluido, pudiendo, en su caso, un fluido a calentar atravesarlas respectivamente por separado.

De acuerdo con una forma de realización preferida, M=3, es decir, se utiliza una corriente alterna trifásica que a menudo también se denomina corriente trifásica. Se trata de una corriente alterna polifásica que, como ya se sabe, se compone de tres corrientes alternas individuales o de tensiones alternas de la misma frecuencia:

25  $U_{L1}=U_0\cos(\omega t),$

$U_{L2}=U_0\cos(\omega t-120^\circ),$

$U_{L3}=U_0\cos(\omega t-240^\circ),$

que se desplazan firmemente  $120^\circ$  unas respecto a otras en sus ángulos de fase, es decir,  $2\pi/3$ .

30 Las tensiones alternas alcanzan su máxima desviación sucesivamente con un desplazamiento temporal de respectivamente una tercera parte del período de tiempo. El desplazamiento temporal de estas así llamadas tensiones entre fases se describe mediante un ángulo de desplazamiento de fase. Los tres conductores se denominan conductores externos y suelen abreviarse con L1, L2 y L3. El conductor neutro se identifica con la letra N.

35 Según otra forma de realización preferida del dispositivo según la invención se prevé que la al menos una tubería o las tuberías presenten respectivamente M brazos (es decir, por ejemplo, siendo M=3 un primer, un segundo, así como un tercer brazo), presentando cada brazo una primera y una segunda sección final, así como una sección central que conecta entre sí las dos secciones finales de forma conductora en cuanto a fluido y electricidad.

Preferiblemente, las dos secciones finales del brazo respectivo se conectan al punto neutro, es decir, se prevé un contacto eléctrico con el punto neutro en la sección final respectiva o en dos secciones finales conectadas entre sí de dos brazos adyacentes.

40 Además se prevé preferiblemente que las secciones centrales de los brazos estén conectadas de forma eléctricamente conductora a un conductor externo asignado L1 a LM (por ejemplo, con M=3 L1, L2 o L3) de la al menos una fuente de tensión, es decir, se prevé un contacto eléctrico con el conductor externo asignado en la sección central respectiva, conectándose, especialmente en el caso de la corriente trifásica (M=3), la sección central del primer brazo al conductor externo L1, conectándose la sección central del segundo brazo al conductor externo L2 y conectándose la sección central del tercer brazo al conductor externo L3. Cada conductor externo se asigna claramente a una sección central de un brazo.

45 La al menos una tubería se configura además preferiblemente de manera que, en caso de M brazos, la segunda sección final del primer brazo se conecte de forma conductora en cuanto a fluido y electricidad a la primera sección final del segundo brazo, y de manera que (en caso de M>2) la segunda sección final del segundo brazo se conecte de forma conductora en cuanto a fluido y electricidad a la primera sección final del tercer brazo. Esto continúa así hasta que se alcanza el último (M) brazo. Los M brazos de la al menos una tubería se conectan entre sí especialmente de manera que un fluido que fluye en su interior pueda fluir sucesivamente por las mismas. Además, la primera sección final del primer brazo forma preferiblemente una entrada para la alimentación del fluido en la al menos una tubería, formando la segunda sección final del M brazo con preferencia una salida para la salida del fluido de la al menos una tubería. La salida citada puede conectarse en cuanto a fluido a una entrada de otra tubería. Además, la entrada mencionada de la al menos una tubería puede conectarse en cuanto a fluido a una salida de otra tubería (compárese abajo).

5 En caso de  $M=3$ , la al menos una tubería se configura preferiblemente a este respecto de manera que la segunda sección final del primer brazo se conecte de forma conductora en cuanto a fluido, así como a electricidad, a la primera sección final del segundo brazo, y de manera que la segunda sección final del segundo brazo se conecte de forma conductora en cuanto a fluido, así como a electricidad, a la primera sección final del tercer brazo, es decir, los tres brazos de la al menos una tubería están conectados entre sí en particular de manera que un fluido que fluye en su interior pueda fluir sucesivamente por los mismos. Además, la primera sección final del primer brazo forma preferiblemente una entrada para la alimentación del fluido en la al menos una tubería, formando la segunda sección final del tercer brazo preferiblemente una salida para la salida del fluido de la al menos una tubería. La salida citada puede conectarse en cuanto a fluido a una entrada de otra tubería. Además, la entrada mencionada de la al menos una tubería puede estar conectada en cuanto a fluido a una salida de otra tubería (compárese abajo).

10 Preferiblemente, las secciones finales de dos brazos adyacentes conectadas entre sí en cuanto a fluido y electricidad se conectan eléctricamente al punto neutro o al conductor neutro a través de un contacto común, pudiéndose prever el contacto, por ejemplo, en una transición entre las dos secciones finales conectadas entre sí.

15 Naturalmente, los brazos citados también pueden configurarse por separado unos respecto a otros y, por lo tanto, no están conectados entre sí en cuanto a fluido. En este caso, varios flujos de fluido se pueden guiar a través de los brazos independientemente unos de otros y calentarse. En tal caso, las secciones finales de los brazos forman entradas o salidas a través de las cuales los distintos brazos pueden alimentarse por separado con fluido.

20 Los brazos citados, siempre que estén conectados entre sí, se conforman preferiblemente en una sola pieza a través de sus secciones finales en brazos adyacentes. También es posible imaginar otras conexiones conductoras en cuanto a fluido y electricidad. Además, la sección central prevista entre dos secciones finales de un brazo se conforma preferiblemente en una sola pieza en las secciones finales previstas a ambos lados. A este respecto también es posible imaginar otras conexiones conductoras en cuanto a fluido o electricidad. En principio, los brazos pueden adoptar todas las formas y desarrollos imaginables.

25 Los brazos se configuran con preferencia fundamentalmente idénticos con respecto a su dimensión y geometría o forma, por lo que representan fundamentalmente los mismos consumidores óhmicos. En caso de brazos con una configuración diferente, pueden preverse adicionalmente, si es necesario, resistencias óhmicas o capacitivas o inductivas de compensación.

30 De acuerdo con una forma de realización especialmente preferida de la invención, los brazos se configuran respectivamente como un bucle, configurando la sección central del brazo respectivo un extremo del bucle respectivo que es opuesto a las dos secciones finales del bucle respectivo dispuestas preferiblemente adyacentes unas a otras, conectándose el conductor externo respectivamente asignado de forma eléctricamente conductora al brazo respectivo en especial en la zona del extremo respectivo. El extremo del bucle o brazo respectivo está formado preferiblemente por un codo en U de la respectiva sección central, en el que el fluido que fluye en el brazo respectivo o en el bucle respectivo de la primera sección final varía su dirección y vuelve a fluir a la segunda sección final (o a la inversa).

35 Preferiblemente, los brazos o los bucles de la al menos una tubería se extienden respectivamente a lo largo de un eje longitudinal, presentando los brazos o los bucles la misma longitud especialmente a lo largo del eje longitudinal (véase también arriba).

40 Además se prevé preferiblemente que las secciones finales de los brazos de la al menos una tubería o de las tuberías, con el respectivo contacto eléctrico con el punto neutro o conductor neutro, se dispongan en una zona central desde la que los brazos se extienden hacia fuera a lo largo de una dirección radial, en concreto especialmente hasta el extremo o codo en U respectivo en el que se prevé preferiblemente el contacto eléctrico respectivo con el conductor externo asignado L1 a LM (o con  $M=3$  L1, L2 o L3).

En caso de una disposición en forma de estrella de tres brazos de una tubería, los ejes longitudinales de dos brazos adyacentes pueden formar, por ejemplo, un ángulo de  $120^\circ$ .

45 Según la invención se prevé una pluralidad de las tuberías antes descritas, así como especialmente una pluralidad de fuentes de tensión, asignándose a cada tubería una fuente de tensión respectivamente. Los conductores externos de una fuente de tensión se conectan a su vez a la tubería asignada de manera que se forme a su vez una conexión en estrella, en la que cada conductor externo se conecta de forma eléctricamente conductora al punto neutro de la conexión en estrella a través de al menos una parte de la tubería respectiva, pudiéndose conectar un conductor neutro, en su caso disponible, de la respectiva fuente de tensión de forma eléctricamente conductora al punto neutro de la tubería asignada (véase arriba).

50 De nuevo, las fuentes de tensión se configuran preferiblemente como fuentes de tensión alternas trifásicas (es decir,  $M=3$ ), por lo que la corriente generada en la respectiva tubería para el calentamiento Joule directo de la respectiva tubería es una corriente alterna trifásica.

55 Por consiguiente, cada una de las tuberías presenta a su vez con preferencia M brazos o un primer, un segundo y un tercer brazo (siendo  $M=3$ ), presentando cada brazo de la tubería respectiva una primera y una segunda sección final, así como una sección central que conecta entre sí las dos secciones finales. Las dos secciones finales del brazo respectivo de la sección de tubería respectiva se conectan con preferencia, como se ha descrito antes, de forma eléctricamente conductora al punto neutro de la tubería respectiva o al conductor neutro N de la fuente de tensión

asignada, mientras que las secciones centrales de la sección de tubería respectiva se conectan con preferencia, como se ha descrito antes, a un conductor externo asignado (L1 a LM o, siendo M=3, L1, L2 o L3) de la fuente de tensión asignada.

5 Los distintos brazos de la pluralidad de tuberías se conectan preferiblemente entre sí, como se ha descrito antes, (o se configuran por separado unos de otros) y además se configuran preferiblemente como bucles, configurando a su vez la sección central del brazo respectivo preferiblemente un extremo o un codo en U del bucle respectivo (véase arriba), previéndose preferiblemente el contacto eléctrico con el conductor externo respectivamente asignado (L1 a LM o, siendo M=3, L1, L2 o L3) en la zona del extremo respectivo o en el codo en U respectivo (véase también arriba).

10 Preferiblemente, las secciones finales de los brazos de la tubería respectiva con el respectivo contacto eléctrico, en su caso común, con el punto neutro o con el conductor neutro N se disponen en una zona central desde la cual los brazos de las tuberías se extienden hacia el exterior a lo largo de una dirección radial, situándose los extremos o los codos en U citados vistos radialmente más hacia el exterior (por ejemplo, en un círculo imaginario alrededor de la zona central).

15 En caso de una pluralidad de tuberías, varias o también todas las tuberías pueden conectarse en serie entre sí en cuanto a fluido, de manera que el fluido pueda fluir sucesivamente en las mismas.

También existe la posibilidad de conectar algunas o todas las tuberías en paralelo, es decir, configurarlas de manera que el fluido se divida en varios flujos parciales que a continuación fluyan en paralelo a través de las distintas tuberías asignadas.

Naturalmente también es posible cualquier configuración de tuberías conectadas en serie o en paralelo.

20 Además, el problema según la invención se resuelve mediante un procedimiento para el calentamiento de al menos un fluido utilizando al menos un dispositivo según la invención.

25 En este procedimiento, el fluido fluye preferiblemente por una o varias tuberías del dispositivo según la invención y se calienta en éstas, calentándose la al menos una tubería o las varias tuberías por medio de una corriente alterna polifásica o de una corriente alterna trifásica que fluye en la al menos una tubería o en la pluralidad de tuberías, de manera que en la al menos una tubería o en la pluralidad de tuberías se genere calor Joule que se transfiere al fluido, por lo que éste se calienta al fluir a través de la al menos una tubería o de la pluralidad de tuberías, y calentándose como fluido una mezcla precalentada de hidrocarburos y vapor, a fin de descomponer los hidrocarburos.

Según una variante del procedimiento según la invención se prevé calentar como fluido un hidrocarburo a descomponer térmicamente, en especial una mezcla de hidrocarburos, con al menos un dispositivo según la invención.

30 Según otra variante del procedimiento según la invención se prevé alternativa o adicionalmente que como fluido se caliente agua o vapor con al menos un dispositivo según la invención, calentándose el vapor especialmente a una temperatura de entrada en el reactor del orden de 550°C a 700°C y añadiéndose el mismo en especial al o a los hidrocarburos a descomponer.

35 De acuerdo con otra configuración del procedimiento según la invención se prevé alternativa o adicionalmente calentar como fluido una mezcla precalentada de vapor de hidrocarburo con al menos un dispositivo según la invención, a fin de descomponer los hidrocarburos. Por lo tanto, el dispositivo según la invención se utiliza para la entrada de calor en la parte del reactor de un horno de descomposición para la descomposición de la mezcla precalentada de vapor de hidrocarburo. Se trata de una reacción fuertemente endotérmica en la que el gas producto abandona la parte del reactor a temperaturas de normalmente 800°C a 880°C.

40 Especialmente, la mezcla a descomponer, que también se denomina gas de alimentación del reformador y que presenta el vapor, así como uno o diversos hidrocarburos (por ejemplo, CH<sub>4</sub> hasta nafta), así como, en su caso, hidrógeno y otros componentes como, por ejemplo, N<sub>2</sub>, Ar, He, CO, CO<sub>2</sub> y/o MeOH, se lleva o sobrecalienta con el procedimiento según la invención a una temperatura de entrada del reformador que se encuentra preferiblemente en el rango de temperaturas de 250°C a 730°C, preferiblemente de 320°C a 650°C, en especial a una presión del gas de alimentación del orden de 10 bar a 50 bar, preferiblemente de 15 a 40 bar.

45 Además, por medio del procedimiento según la invención, se puede precalentar como fluido el aire de combustión del horno reformador, en concreto especialmente a una temperatura del orden de 200°C a 800°C, preferiblemente de 400°C a 700°C.

50 Especialmente, por medio del procedimiento según la invención es posible además calentar al menos un tubo de reacción o tubos de reacción del horno reformador o del fluido que fluye en el interior (es decir, la al menos una tubería del dispositivo según la invención puede configurarse como tubo de reacción de un reformador). Por consiguiente, aquí la entrada de calor se lleva a cabo mediante el procedimiento según la invención por calentamiento directo en los tubos de reacción del horno reformador rellenos del catalizador. En este caso, el gas producto que se compone de los componentes principales H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O e inertes puede calentarse adicionalmente en paralelo durante el calentamiento directo mediante quemadores en la zona de radiación del horno reformador. La reacción es endotérmica. El gas reformado sale de la zona de radiación del horno reformador generalmente en el rango de temperaturas de 780°C a 1050°C, preferiblemente de 820°C a 950°C. El rango de presión del gas es preferiblemente de 10 a 50 bar, preferiblemente de 15 a 40 bar.

Especialmente, por medio del procedimiento según la invención, el gas de alimentación seco a descomponer (es decir, en particular antes de la mezcla con vapor de agua), que presenta al menos uno o varios hidrocarburos (por ejemplo, CH<sub>4</sub> hasta nafta), así como, en su caso, hidrógeno y otros componentes como, por ejemplo, N<sub>2</sub>, Ar, He, CO, CO<sub>2</sub> y/o MeOH, también puede calentarse como fluido para una limpieza catalítica previa, en especial a una temperatura del orden de 100°C a 500°C, preferiblemente de 200°C a 400°C, y en concreto a una presión del gas del orden de preferiblemente 10 bar a 50 bar, preferiblemente 15 a 45 bar.

Además, el procedimiento según la invención puede utilizarse en general para calentar agua como fluido, por ejemplo, para generar vapor de proceso en todos los procesos concebibles.

A continuación se representan otros objetos de la invención (puntos 1 y 16), así como configuraciones del objeto según el punto 1 (puntos 2 a 15). Las referencias entre paréntesis se refieren a las figuras.

Punto 1: Dispositivo para el calentamiento de un fluido, con:

- al menos una tubería conductora de electricidad (100) 5 para la recepción del fluido (F), y

- al menos una fuente de tensión (2) conectada a la al menos una tubería (100), configurándose 10 la al menos una fuente de tensión (2) para generar una corriente eléctrica en la al menos una tubería (100) que calienta la al menos una tubería (100) para el calentamiento del fluido (F),

presentando la al menos una fuente de tensión (2) al menos M conductores externos (L1,...,LM), siendo M un número natural mayor o igual a dos, y configurándose la al menos una fuente de tensión (2) para proporcionar una tensión alterna en los conductores externos (L1,...,LM), desfasándose 20 las tensiones alternas entre sí en  $2\pi/M$ , y conectándose los conductores externos (L1,...,LM) de forma eléctricamente conductora a la al menos una tubería (100) de manera que se establezca una conexión en estrella, en la que cada conductor externo (L1,...,LM) se conecta de forma eléctricamente conductora al punto neutro (S) de la conexión en estrella a través de al menos una parte de la al menos una tubería (100).

Punto 2: Dispositivo según el punto 1,

presentando la fuente de tensión (2) un conductor neutro (N), conectándose especialmente el conductor neutro (N) de forma eléctricamente conductora al punto neutro (S).

Punto 3: Dispositivo según uno de los puntos anteriores, siendo M igual a tres.

Punto 4: Dispositivo según uno de los puntos anteriores, presentando la al menos una tubería (100) M brazos (101), presentando cada brazo (101) una primera y una segunda sección final (101a, 101c), así como una sección central (101b) que conecta las dos secciones finales (101a, 101c) entre sí de forma conductora en cuanto a fluido y electricidad.

Punto 5: Dispositivo según el punto 4, conectándose las dos secciones finales (101a, 101c, 102a, 102c, 103a, 103c) del brazo respectivo (101, 102, 103) al punto neutro (S) de forma eléctricamente conductora.

Punto 6: Dispositivo según uno de los puntos 4 a 5, conectándose las secciones centrales (101b, 102b, 103b) de los brazos (101, 102, 103) de forma eléctricamente conductora respectivamente a un conductor externo asignado (L1, L2, L3) de la al menos una fuente de tensión (2).

Punto 7: Dispositivo según el punto 3 o uno de los puntos 4 a 6, en cuanto se refiere al punto 3, conectándose la segunda sección final (101c) del primer brazo (101), de forma conductora en cuanto a fluido y electricidad, a la primera sección final (102a) del segundo brazo (102), en especial conformándose en la misma en una sola pieza, y conectándose la segunda sección final (102c) del segundo brazo (102), de forma conductora en cuanto a fluido y electricidad, a la primera sección final (103a) del tercer brazo (103), conformándose en particular en la misma en una sola pieza, formando especialmente la primera sección final (101a) del primer brazo (101) una entrada (3) para la alimentación del fluido (F) en la al menos una tubería (100), y formando especialmente la segunda sección final (103c) del tercer brazo (103) una salida (4) para la salida del fluido (F) de la al menos una tubería (100).

Punto 8: Dispositivo según uno de los puntos 4 a 6, no estando los brazos (101, 102, 103) conectados entre sí en cuanto a fluido y configurándose éstos para guiar por separado respectivamente un fluido (F, F', F'') a calentar.

Punto 9: Dispositivo según uno de los puntos 4 a 8,

configurándose los brazos (101, 102, 103) respectivamente como un bucle, configurando la sección central (101b, 102b, 103b) del brazo respectivo (101, 102, 103) un extremo del bucle respectivo (101, 102, 103), conectándose el conductor externo respectivamente asignado (L1, L2, L3), de forma eléctricamente conductora, al brazo respectivo (101, 102, 103), en especial en la zona del extremo respectivo.

Punto 10: Dispositivo según uno de los puntos 4 a 9, extendiéndose los brazos (101, 102, 103) respectivamente a lo largo de un eje longitudinal (A), presentando especialmente los brazos (101, 102, 103), en particular a lo largo del eje longitudinal (A) respectivo, la misma longitud.

Punto 11: Dispositivo según uno de los puntos 4 a 10, disponiéndose las secciones finales (101a, 101c; 102a, 102c; 103a, 103c) de los brazos (101, 102, 103) de la al menos una tubería (100) en una zona central (B), a partir de la cual los brazos (102, 102, 103) se extienden hacia el exterior a lo largo de una dirección radial (R).

5 Punto 12: Dispositivo según la reivindicación 10 u 11, formando los ejes longitudinales (A) de los dos brazos adyacentes (101, 102; 102, 103; 103, 101) un ángulo de 120°.

Punto 13: Dispositivo según uno de los puntos anteriores, previéndose una pluralidad de tuberías (100), así como especialmente una pluralidad de fuentes de tensión (2), asignándose en especial una fuente de tensión (2) a cada tubería (100).

10 Punto 14: Dispositivo según el punto 13, conectándose en serie varias o todas las tuberías (100) entre sí en cuanto a fluido, de manera que el fluido (F) pueda fluir sucesivamente por las mismas.

Punto 15: Dispositivo según el punto 13 o 14, configurándose varias o todas las tuberías (100) en paralelo, de manera que el fluido (F) pueda distribuirse en las tuberías configuradas paralelamente (100).

Punto 16: Procedimiento para el calentamiento de un fluido (F) mediante el uso de un dispositivo según uno de los puntos 1 a 15.

15 Otras características y ventajas de la presente invención se explican en la descripción de ejemplos de realización por medio de las figuras. Se muestra en la:

Figura 1 una representación esquemática de una tubería de un dispositivo según la invención;

Figura 2 otra variante modificada de la forma de realización mostrada en la figura 1;

Figura 3 otra representación esquemática de una tubería de un dispositivo según la invención;

20 Figura 4 una representación de una disposición de varias tuberías de un dispositivo según la invención;

Figura 5 representación esquemática del cableado de los conductores externos y del conductor neutro en una red TN; y

Figura 6 una representación esquemática del cableado de los conductores externos en una red IT.

25 A continuación, para simplificar se representan en primer lugar las formas de realización de la invención por medio de una tubería 100. Naturalmente, las medidas representadas por medio de una tubería pueden aplicarse respectivamente a varias tuberías 100.

30 Según la figura 1, en caso de un calentamiento directo trifásico de una tubería 100 en un dispositivo 1 según la invención para el calentamiento de un fluido F, es posible crear un punto neutro S. En este caso, las tres fases L1, L2 y L3 de un sistema trifásico o de una fuente de tensión trifásica 2 (compárese figura 5) se conectan a los brazos 101, 102, 103 de la tubería 100 y preferiblemente el conductor N (conductor neutro), si está disponible, se conecta al punto neutro S. En caso de una puesta a tierra rígida o de baja resistencia de la conexión N o del punto neutro S' de la fuente de tensión 2 con la tierra (PE), habitual en el suministro de energía, y de una conexión del conductor neutro N al punto neutro S de la tubería 100, es posible prescindir de una puesta a tierra del punto neutro S en la tubería 100.

35 Según las figuras 5 y 6, la invención puede aplicarse tanto en el contexto de una red con (preferiblemente tres) conductores externos y un conductor neutro (por ejemplo, una red TN), como también en una red sin conductor neutro (por ejemplo, una red IT).

40 La figura 5 muestra los tres conductores externos L1, L2, L3, así como el conductor neutro N de la fuente de tensión 2, ya disponibles, por ejemplo, en una red TN. El punto neutro S' de la fuente de tensión 2, al que está conectado de forma eléctricamente conductora el conductor neutro N, se conecta a tierra a través de una resistencia  $R_N$ , siendo especialmente  $R_N=0$  (puesta a tierra rígida) o, por ejemplo, de baja resistencia.  $Z_1, Z_2, Z_3$  representan las cargas o las impedancias formadas por la al menos una tubería 100 o sus brazos 101, 102, 103. Éstos se conectan entre sí en el punto neutro S de la carga o de la tubería 100, conectándose el conductor neutro N de forma eléctricamente conductora al punto neutro S. En caso de una puesta a tierra de servicio rígida del punto neutro S' de la fuente de tensión 2 ( $R_N=0$ ), es posible suprimir una puesta a tierra del punto neutro S, aunque preferiblemente está disponible.

45 La figura 6 muestra una red trifilar (por ejemplo, una red IT) en la que no hay ningún conductor neutro N. Aquí el punto neutro S, que se forma mediante la interconexión de las impedancias  $Z_1, Z_2, Z_3$ , está conectado a tierra preferiblemente de forma rígida.

50 A continuación se parte de la base de tres conductores de fase L1, L2, L3, así como de un conductor neutro N sin ninguna limitación general. Sin embargo, se puede omitir el conductor neutro N (véase arriba) o variar el número de conductores externos (véase arriba).

55 En particular, un primer brazo 101 de la tubería 100 se extiende desde una primera sección final 101a o desde la entrada 3, a través de la cual el fluido F se alimenta en la tubería 100, a lo largo de un eje longitudinal A hasta un codo en U de una sección central 101b del primer brazo 101, desde el que la sección central 101b del primer brazo 10 se extiende hacia atrás hacia una segunda sección final 101c dispuesta adyacente a la primera sección final 101a en una zona central B. La segunda sección final 101c del primer brazo 101 se convierte en una primera sección final 102a del

segundo brazo 102 que se extiende análogamente mediante un codo en U de su sección central 102b hacia una segunda sección final 102c del segundo brazo 102 que a su vez se convierte en una primera sección final 103a del tercer brazo 103 que se extiende análogamente mediante un codo en U de su sección central 103b hacia una segunda sección final 103c en la que se prevé una salida 4 para la salida del fluido (calentado) F de la tubería 100. Los tres ejes longitudinales A de los brazos configurados en forma de bucle 101, 102, 103 se disponen, según la figura 1, preferiblemente en forma de estrella, es decir, dos brazos adyacentes 101, 102; 102, 103; 103, 101 forman respectivamente un ángulo de 120°.

En este caso, en cada codo en U de una sección central 101b, 102b, 103b de un bucle 101, 102, 103 se prevé un contacto K con un conductor externo L1, L2 o L3 de una fuente trifásica 2, conectándose las secciones finales 101a, 101c, 102a, 102c, 103a, 103c al punto neutro S a través de los contactos Q. Aquí, las secciones finales preferiblemente conectadas entre sí 101c, 102a; 102c, 103a de los brazos 101, 102, 103 se conectan al punto neutro S o al conductor neutro N por medio de un contacto común Q en la transición de las respectivas secciones finales.

La disposición según la figura 1 también puede aplicarse naturalmente a las, en general, M fases, siendo M un número natural mayor o igual a dos. En tal caso se prevén de forma correspondiente los M brazos y se conectan como se ha descrito antes.

Además, según la figura 2, en caso de una disposición según la figura 1, los brazos 101, 102, 103 pueden configurarse por separado, de manera que los distintos flujos de fluido F, F', F" puedan fluir por los mismos independientemente unos de otros. Aquí, las primeras secciones finales 101a, 102a, 103a pueden configurarse como entradas para los flujos de fluido F, F', F" y las segundas secciones finales 101c, 102c, 103c pueden configurarse como salidas para los flujos de fluido, conectándose las secciones finales 101a, 102a, 103a o 101c, 102c, 103c a su vez al punto neutro S.

La figura 3 muestra una variación del desarrollo de los brazos 101, 102, 103, desarrollándose éstos ahora unos al lado de otros a diferencia de la figura 1.

Esta configuración permite en principio una disposición de varias tuberías 100 unas al lado de otras del modo representado en la figura 3, como se muestra en la figura 4, desarrollándose aquí los distintos brazos 101, 102, 103 hacia fuera respectivamente en la dirección radial R, partiendo de una zona central B, en la que se disponen las distintas secciones finales, y conectándose allí al punto neutro S. Los codos en U de los distintos brazos configurados en forma de bucle 101, 102, 103, se encuentran ahora más hacia el exterior en la dirección radial R en un círculo imaginario y están conectados respectivamente a una fase L1, L2 o L3 de una fuente trifásica 2.

En este caso, cada tubería 100 se asigna a una fuente trifásica 2 dispuesta preferiblemente por encima de los brazos y dispuesta radialmente más hacia el interior que los codos en U. De este modo es posible minimizar los tubos de alimentación a S (o N), así como L1, L2, L3. Las tuberías 100 presentan respectivamente tres brazos en forma de bucle 101, 102, 103, cuyos codos en U se conectan respectivamente a una de las fases de conductor externo L1, L2 o L3 de la fuente de tensión asignada 2.

Para una mayor claridad, en la figura 4 sólo se identifica una tubería 100. Como se puede ver, las secciones de tubería 100 según la figura 4 pueden disponerse en serie, de manera que el fluido F pueda fluir sucesivamente por las mismas. No obstante, también es posible prever en la zona central B un distribuidor que distribuya el fluido F por las distintas tuberías 100 con los respectivamente tres brazos 101, 102, 103, de manera que el fluido F fluya por los mismos paralelamente. A continuación, el fluido (calentado) F puede concentrarse de nuevo y aportarse para su uso posterior.

En los ejemplos antes descritos, la corriente trifásica en los brazos 101, 102, 103 genera, respectivamente gracias a la resistencia eléctrica de los brazos 101, 102, 103, calor Joule que se puede transferir al fluido F que fluye en los brazos 101, 102, 103, calentándose el fluido.

Naturalmente, la disposición según las figuras 3 y 4 también puede generalizarse en M fases (M mayor o igual a dos).

Sin embargo, la configuración de un sistema de calentamiento directo trifásico mostrado en las figuras 1 a 4 o la disposición en forma de estrella de los distintos brazos 101, 102, 103 no es absolutamente necesaria. En general es posible imaginar cualquier disposición geométrica de las tuberías 100 o de los brazos 101, 102, 103. El procedimiento según la invención o el dispositivo 1 según la invención pueden, en principio, utilizarse con todas las presiones, temperaturas, dimensiones, etc.

En la realización técnica se prefieren para las tuberías 100 los aceros finos a los aceros al carbono como consecuencia de su mayor resistencia específica. Además, el tubo de alimentación de la corriente alterna polifásica o trifásica se realiza preferiblemente con una resistencia considerablemente menor que la tubería que guía el fluido F, a fin de minimizar la generación de calor del tubo de alimentación, dado que ésta no resulta en general deseable.

La solución según la invención se puede aplicar ventajosamente en especial para el calentamiento de elementos que causan una reducción del aislamiento (por ejemplo, coquización en hornos de descomposición). En este caso existe un riesgo comparativamente bajo de que se produzca un flujo de corriente no deseado, por lo que, en su caso, puede suprimirse incluso un dispositivo de desconexión mencionado al principio.

Además existe la posibilidad de controlar el calentamiento en los respectivamente tres brazos 101, 102, 103, ajustando debidamente el flujo de corriente de las respectivas fases L1, L2, L3 (esto también se aplica a las M fases con M mayor o igual a dos).



En principio, el calentamiento según la invención de un fluido puede utilizarse con todos los elementos en tuberías conductoras de electricidad. En caso de líquidos altamente conductores (en comparación con la conductividad eléctrica de la tubería), este hecho debe incluirse, en su caso, en el cálculo del flujo de corriente. El desarrollo geométrico de las tuberías o de las secciones de tubería es ventajosamente flexible y puede adaptarse a los requisitos respectivos. Además, el material de tubería puede adaptarse a los requisitos del proceso. Las corrientes, las tensiones y la frecuencia pueden seleccionarse de manera que se adapten a la geometría y no están sujetas a ninguna limitación fundamental. La temperatura máxima que se puede alcanzar está limitada por el material de tubería utilizado.

Lista de referencias

	1	Dispositivo
10	2	Fuente trifásica
	3	Entrada
	4	Salida
	100	Tubería
	101, 102, 103	Brazo
15	101a, 102a, 103a	Primera sección final
	101b, 102b, 103b	Sección central
	101c, 102c, 103c	Segunda sección final
	L1, L2, L3	Conductor externo
	B	Zona central
20	N	Conductor neutro
	K, Q	Contactos eléctricos
	F, F', F''	Fluido
	A	Eje longitudinal
	R	Dirección radial
25	S	Punto neutro
	S'	Punto neutro de fuente de tensión

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para el calentamiento de un fluido, con:
  - 5 - una pluralidad de tuberías (100) conductoras de electricidad para la recepción del fluido (F), y
  - una pluralidad de fuentes de tensión (2),  
caracterizado por que
  - a cada tubería (100) se le asigna respectivamente una fuente de tensión (2) que se conecta a la tubería respectiva (100), configurándose la fuente de tensión respectiva (2) para generar una corriente eléctrica en la tubería respectiva (100) que calienta la tubería respectiva (100) para el calentamiento del fluido (F),
  - 10 - presentando la fuente de tensión respectiva (2) al menos M conductores externos (L1,...,LM), siendo M un número natural mayor o igual a dos, y configurándose la fuente de tensión respectiva (2) para poner a disposición una tensión alterna en sus conductores externos (L1,...,LM),
  - estando cada una de estas tensiones alternas desfasadas entre sí en  $2\pi/M$ , y estando los conductores externos (L1,...,LM) de la fuente de tensión respectiva (2) conectados de forma eléctricamente conductora a la tubería respectiva (100), de manera que se establezca una conexión en estrella, en la que cada conductor externo (L1,...,LM) se conecta de forma eléctricamente conductora al punto neutro (S) de la conexión en estrella a través de al menos una parte de la tubería respectiva (100).
- 20 2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que las tuberías (100) se configuran como tubos de reacción de un reformador.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que las fuentes de tensión (2) presentan respectivamente un conductor neutro (N), estando conectado en especial el conductor neutro respectivo (N), de forma eléctricamente conductora, al punto neutro (S).
- 25 4. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que M es igual a tres.
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las tuberías (100) presentan M brazos (101), presentando cada brazo (101) una primera y una segunda sección final (101a, 101c), así como una sección central (101b) que conecta las dos secciones finales (101a, 101c) entre sí de forma conductora en cuanto a fluido y electricidad.
- 30 6. Dispositivo según la reivindicación 5, caracterizado por que las dos secciones finales (101a, 101c, 102a, 102c, 103a, 103c) del brazo respectivo (101, 102, 103) se conectan de forma eléctricamente conductora al punto neutro (S).
- 35 7. Dispositivo según una de las reivindicaciones 5 a 6, caracterizado por que las secciones centrales (101b, 102b, 103b) de los brazos (101, 102, 103) se conectan respectivamente a un conductor externo asignado (L1, L2, L3) de la fuente de tensión respectiva (2) de forma eléctricamente conductora.
- 40 8. Dispositivo según la reivindicación 4 o una de las reivindicaciones 5 a 7, en cuanto se refiere a la reivindicación 4, caracterizado por que la segunda sección final (101c) del primer brazo (101) se conecta de forma conductora en cuanto a fluido y electricidad a la primera sección final (102a) del segundo brazo (102), conformándose en ésta especialmente en una sola pieza y por que la segunda sección final (102c) del segundo brazo (102) se conecta de forma conductora en cuanto a fluido y electricidad a la primera sección final (103a) del tercer brazo (103), conformándose en ésta especialmente en una sola pieza, formando en particular la primera sección final (101a) del primer brazo (101) una entrada (3) para la alimentación del fluido (F) en la tubería respectiva (100), y formando en especial la segunda sección final (103c) del tercer brazo (103) una salida (4) para la salida del fluido (F) de la tubería respectiva (100).
- 45 9. Dispositivo según una de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado por que los brazos (101, 102, 103) no están conectados entre sí en cuanto a fluido, configurándose los mismos para guiar un fluido a calentar (F, F', F'') por separado unos de otros.
- 50 10. Dispositivo según una de las reivindicaciones 5 a 9, caracterizado por que los brazos (101, 102, 103) se configuran respectivamente como bucles, configurando la sección central (101b, 102b, 103b) del brazo respectivo (101, 102, 103) un extremo del bucle respectivo (101, 102, 103), conectándose el conductor externo respectivamente asignado (L1, L2, L3), de forma eléctricamente conductora, al brazo respectivo (101, 102, 103) especialmente en la zona del extremo respectivo.
- 55 11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 5 a 10, caracterizado por que los brazos (101, 102, 103) se extienden respectivamente a lo largo de un eje longitudinal (A), presentando especialmente los brazos (101, 102, 103), especialmente a lo largo del eje longitudinal respectivo (A), la misma longitud.
- 60

12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 5 a 11, caracterizado por que las secciones finales (101a, 101c; 102a, 102c; 103a, 103c) de los brazos (101, 102, 103) de la tubería respectiva (100) se disponen en una zona central (B), desde la cual los brazos (102, 102, 103) se extienden hacia el exterior a lo largo de una dirección radial (R).
- 5 13. Dispositivo según la reivindicación 11 o 12, caracterizado por que los ejes longitudinales (A) de dos brazos adyacentes (101, 102; 102, 103; 103, 101) forman un ángulo de 120°.
14. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que varias o todas las tuberías (100) se conectan en serie entre sí en cuanto a fluido, de manera que el fluido (F) pueda fluir sucesivamente por las mismas.
- 10 15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que varias o todas las tuberías (100) se configuran en paralelo, de manera que el fluido (F) pueda distribuirse en las tuberías configuradas paralelamente (100).
- 15 16. Procedimiento para el calentamiento de un fluido (F) utilizando un dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 15, fluyendo el fluido por las tuberías del dispositivo y calentándose en éstas, calentándose las tuberías por medio de una corriente alterna polifásica que fluye en las tuberías, de manera que en las tuberías se genere calor Joule que se transfiere al fluido, por lo que éste se calienta cuando fluye por las tuberías, y calentándose como fluido una mezcla precalentada de hidrocarburos y vapor, a fin de descomponer los hidrocarburos.

Fig. 1

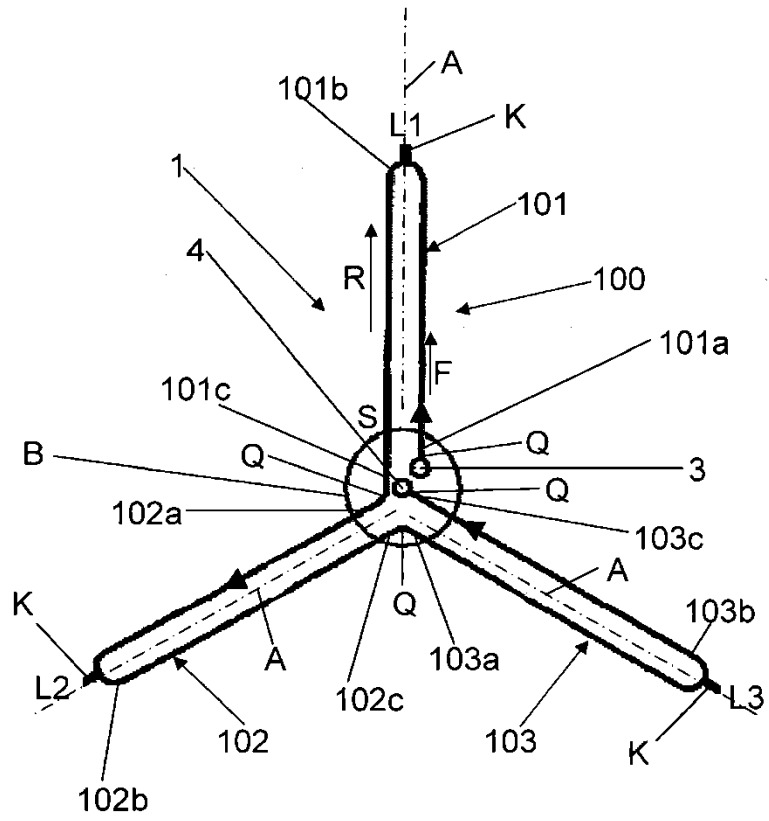


Fig. 2

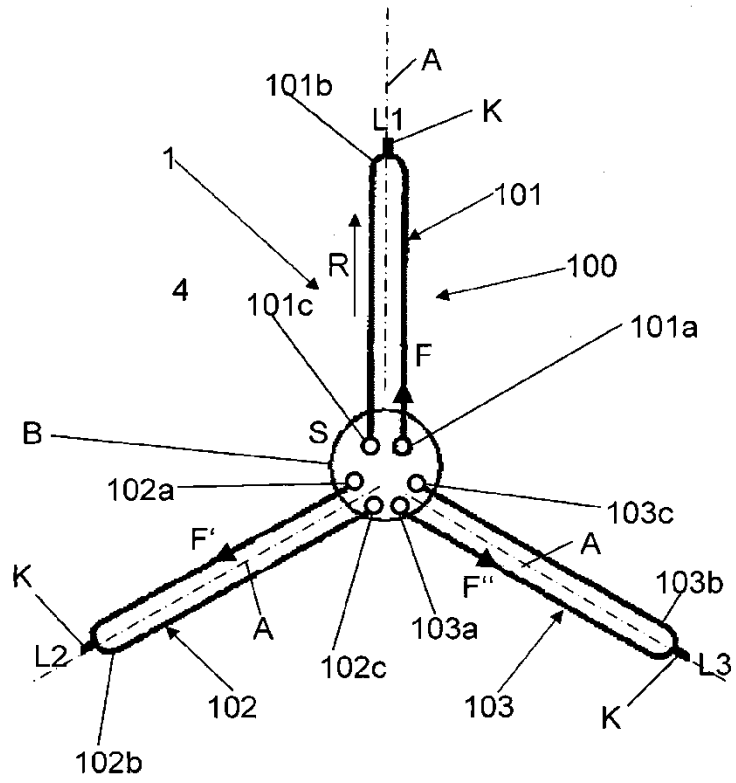


Fig. 3

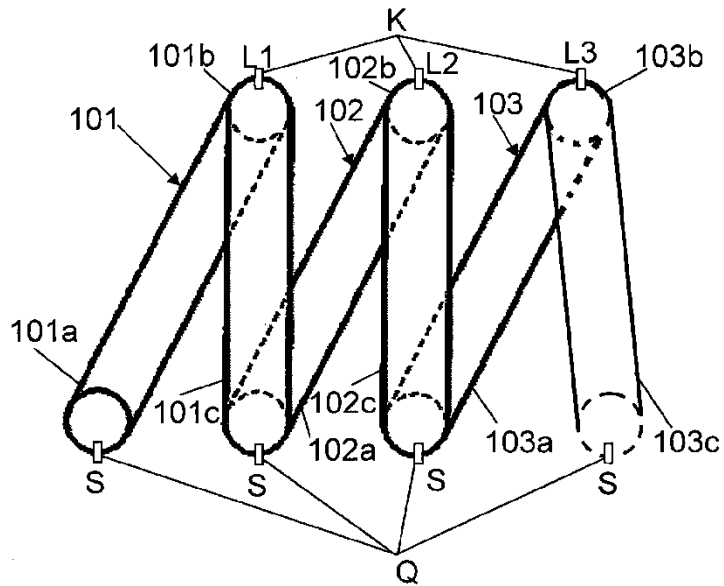


Fig. 4

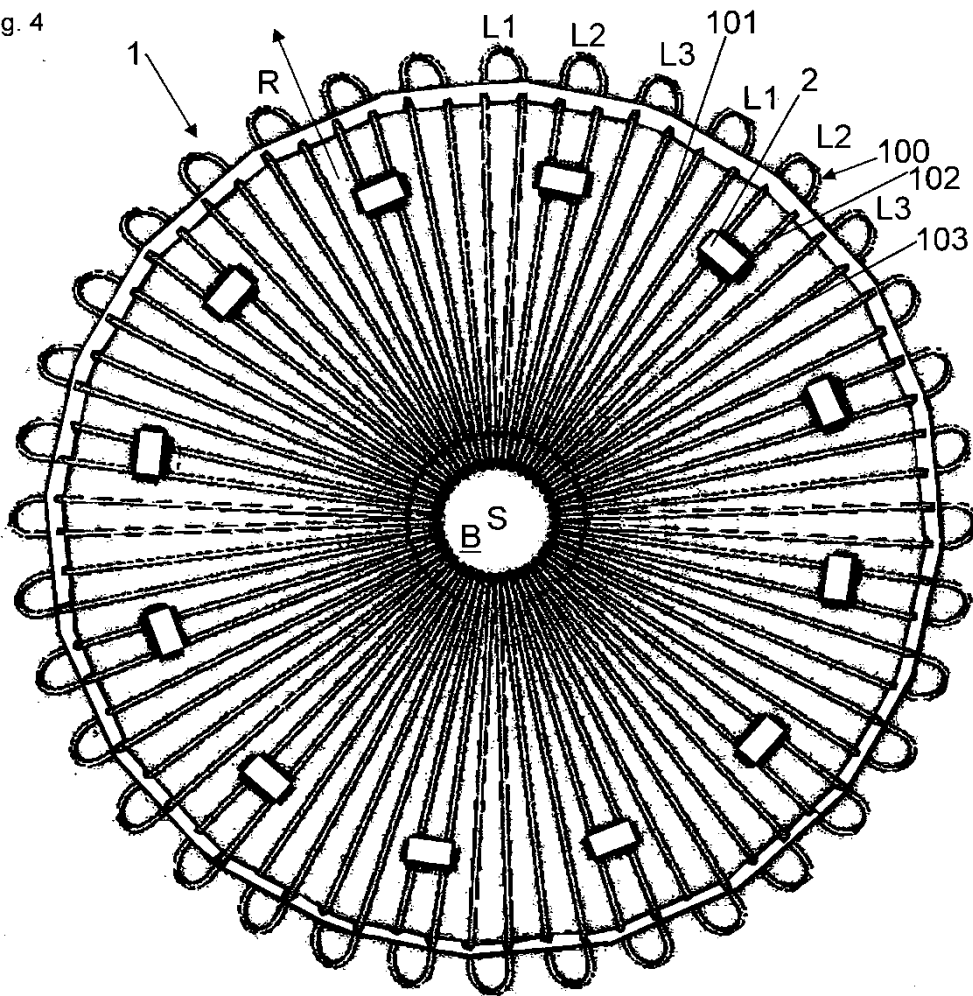


Fig. 5

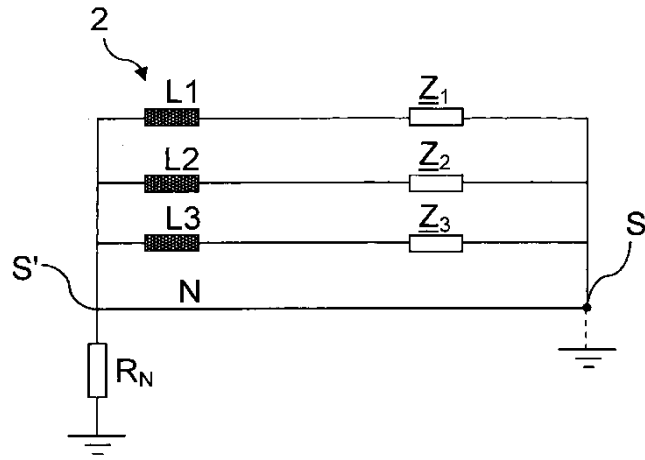


Fig. 6

