



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 1100186-0 A2



(22) Data de Depósito: 02/02/2011
(43) Data da Publicação: 30/04/2013
(RPI 2208)

(51) Int.Cl.:
H01F 27/10

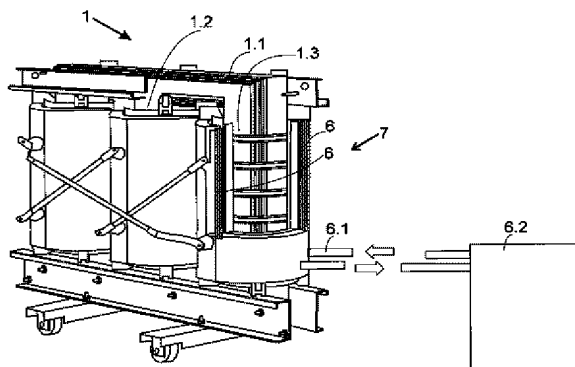
(54) Título: TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO A SECO

(73) Titular(es): Siemens Ltda

(72) Inventor(es): Martin Alsina Navarro

(57) Resumo: TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO A SECO.

A presente invenção refere-se a um transformador de distribuição seco (1) compreendendo pelo menos um enrolamento de baixa tensão (2) e um enrolamento de alta tensão (3), montados concentricamente ao redor de uma coluna de núcleo (1.2, 1.3). O transformador (1) compreende pelo menos um circuito de refrigeração (7) associado a pelo menos um enrolamento de baixa tensão (2) e/ou a um enrolamento de alta tensão (3). Tal circuito de refrigeração (7) é isolado eletricamente aos enrolamentos de baixa e alta tensão (2,3). Além disso, o circuito de refrigeração (7) é capaz de permitir circulação de um fluido refrigerante em seu interior. Adicionalmente, o circuito de refrigeração (7) é provido de uma disposição construtiva configurada para envolver parcialmente a coluna de núcleo (1.2, 1.3), ou seja, a disposição construtiva é configurada para não formar espira ao redor da coluna de núcleo (1.2, 1.3). O circuito de refrigeração (7) é provido de dutos de resfriamento (6), sendo que cada duto de resfriamento (6) possui uma seção transversal que envolve parcialmente uma seção transversal da coluna de núcleo (1.2, 1.3).



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO A SECO"**.

A presente invenção refere-se a um transformador de distribuição a seco. Mais particularmente, a presente invenção refere-se a um transformador elétrico de distribuição a seco trifásico ou monofásico, provido de uma isolação sólida e projetado para uso preferencial em instalações de distribuição industrial, plataforma de exploração de petróleo ou marina.

Descrição do Estado Da Técnica

Conforme conhecido da técnica, os sistemas de distribuição de energia elétrica utilizam transformadores elétricos capazes de permitir o fornecimento da energia elétrica em tensões adequadas para condução de corrente elétrica desde os locais de geração até as regiões de consumo.

Particularmente, para que a transmissão de energia elétrica ao longo de grandes distâncias seja possível, é pratica usual aumentar a tensão geradora através de transformadores, de modo a reduzir os efeitos das perdas de potência que ocorrem na resistência elétrica dos cabos condutores. Sendo assim, a transmissão de energia elétrica é feita em alta tensão até às proximidades das regiões de consumo, onde esta tensão é reduzida para valores adequados aos equipamentos dos usuários, também por meio de transformadores. Tal redução do nível de tensão é realizada em várias etapas, utilizando-se transformadores que ficam localizados próximos aos centros de consumo de energia, sendo que a sua instalação física pode ser aérea, fixados em poste, no chão em instalação interna ou instalação externa, ou ainda em instalação subterrânea.

Em linhas gerais, um transformador elétrico é basicamente constituído de enrolamentos de alta tensão, enrolamentos de baixa tensão, núcleo de ferro para circulação do fluxo magnético, ligações entre os enrolamentos e terminais de conexão. Tendo em vista as perdas existentes, os enrolamentos e núcleo apresentam um aumento de temperatura, sendo que o aquecimento máximo permitido está determinado pelos materiais e normas.

Tipicamente em instalações industriais como, por exemplo, pla-

taformas de extração de petróleo e navios, em que o espaço de instalação é reduzido, são usados transformadores secos com isolamento sólido. Em outras palavras, nesses tipos de instalações são utilizados transformadores cuja parte ativa não é imersa em líquido isolante e que possuem um ou mais en-

5 enrolamentos encapsulados em isolamento sólido. As tensões preferencialmente utilizadas são da ordem de 4.160 V, 13.800 V, 34.500 V para enrolamento de alta tensão e 220 V, 380 V, 660 V para enrolamentos de baixa tensão. As potências normalmente utilizadas são da ordem de 300 kVA a algumas dezenas de MVA.

10 Tais transformadores de isolamento sólido podem ser refrigerados pelo ar, por circulação natural ou forçada, ou através de trocadores de calor ar/água. As normas como, por exemplo, a Norma Brasileira NBR 10295, denominam a refrigeração por circulação natural de ar como "AN" quando a transmissão de calor dos enrolamentos para o ar é feita por meio do ar de

15 forma natural ou espontânea. Nesse caso, o ar aquecido pelo calor perdido dos enrolamentos do transformador é substituído por ar circundante a uma temperatura menor, proporcionando uma circulação natural de ar.

Cumprir notar que a capacidade de transmissão de calor dos enrolamentos para o ar depende de vários fatores, entre eles, a temperatura do

20 ar, a temperatura dos enrolamentos, a umidade relativa do ar, a pressão atmosférica e altura de instalação do transformador. Uma alternativa para aumentar a capacidade de transmissão de calor das bobinas para o ar é através de ventilação forçada ou ar forçado (identificada como "AF" pelas normas) por meio de, por exemplo, uso de ventiladores.

25 Por exemplo, a figura 1 ilustra um transformador a seco 1' com refrigeração de ar forçado "AF" conforme conhecido atualmente. Um ventilador 11' promove a retirada de ar quente da parte superior do transformador e o direciona para um trocador de calor 12' que, por sua vez, proporciona o retorno do ar resfriado para a base do transformador 1'. O ar refrigerado re-

30 cebe o calor do transformador 1' e ascende até o topo de modo a reiniciar o ciclo (as setas do desenho indicam a direção e sentido do movimento de ar). Entretanto, esta técnica de refrigeração tem a desvantagem de que a troca

de calor do transformador 1' é feita por meio do ar que tem uma capacidade de absorção menos eficaz em relação à água. Além disso, outra desvantagem desta técnica reside no fato de que o trocador de calor está posicionado próximo ao transformador, o que é um inconveniente em instalações de espaço reduzido, como plataformas de petróleo ou navios.

Alternativamente, os transformadores a seco também podem ser refrigerados por água que circula no interior oco do próprio condutor dos enrolamentos. Um exemplo deste tipo de transformador está mostrado no documento de patente chinês CN 201340781.

Entretanto, considerando que esta água de refrigeração está em contato com o condutor do enrolamento e, portanto, está sujeita a uma mesma tensão elétrica, há a necessidade de sua isolamento elétrico. Assim, os transformadores a seco refrigerados por água conhecidos atualmente requerem que a água de refrigeração seja submetida a um processo de desionização e tratamento para que ela seja eletricamente isolante ou pouco condutiva (alto valor de resistência elétrica da água), a fim de evitar curtos-circuitos com as demais partes dos transformadores.

Além disso, os equipamentos de desionização da água de refrigeração são onerosos e requerem manutenção intensiva, o que significa um aumento significativo de custo.

Adicionalmente, os transformadores a seco refrigerados a água conforme a tecnologia atual precisam de dutos isolantes para interligar os condutores ocos do enrolamento sob tensão do transformador com os sistemas de desionização e resfriamento da água, o que também aumenta o custo de manutenção, devido ao risco constante de vazamento da água de refrigeração.

Ainda, os dutos que conduzem água entre os enrolamentos e os sistemas de desionização e refrigeração da água devem ser isolados junto ao enrolamento até que haja um espaço suficiente para que a resistência do duto e água seja suficientemente elevada para evitar curtos circuitos. Esta execução requer um trabalho de montagem minucioso das ligações entre dutos e espaços de instalação, o que também aumenta os custos.

Opcionalmente, já são conhecidas algumas técnicas, por exemplo, àquelas descritas nos casos de patente CN 2785106 e WO 98/34241, que descrevem transformadores a seco refrigerados a partir de um circuito de água separado dos enrolamentos da bobina. Porém, os transformadores mostrados nessas técnicas anteriores apresentam meios de refrigeração configurados de maneira a acarretar perdas eletromagnéticas, o que, naturalmente, é indesejável, pois prejudica a sua eficiência de operação.

Objetivos da Invenção

Os objetivos da presente invenção consistem em prover um transformador de distribuição a seco de baixo custo dotado de meios de refrigeração que utilizam um fluido refrigerante capaz de reduzir a temperatura do dito transformador de uma maneira segura e eficiente.

Além disso, os objetivos da presente invenção também consistem em prover um transformador de potência a seco capaz de proporcionar a sua própria refrigeração sem acarretar no aumento das perdas eletromagnéticas e, desta forma, otimizar a eficiência de operação.

Adicionalmente, os objetivos da presente invenção ainda consistem em prover um transformador elétrico de baixo custo, compacto e capaz de proporcionar a sua autorrefrigeração.

Breve Descrição da Invenção

Um ou mais objetivos da presente invenção é(são) alcançado(s) através da provisão de um transformador de distribuição a seco compreendendo pelo menos um enrolamento de baixa tensão e um enrolamento de alta tensão montados concêntricamente ao redor de uma coluna de núcleo. O dito transformador compreende pelo menos um circuito de refrigeração associado a pelo menos um enrolamento de baixa tensão e/ou a um enrolamento de alta tensão. Tal circuito de refrigeração é isolado eletricamente aos enrolamentos de baixa e alta tensão. Além disso, o circuito de refrigeração é capaz de permitir circulação de um fluido refrigerante em seu interior. Adicionalmente, o circuito de refrigeração é provido de uma disposição construtiva configurada para envolver parcialmente a coluna de núcleo.

Em outras palavras, a disposição construtiva do circuito de refri-

geração é configurada para não formar espira ao redor da coluna de núcleo.

Um ou mais objetivos da presente invenção também é(são) alcançado(s) através da provisão de um transformador de distribuição seco compreendendo pelo menos um enrolamento de baixa tensão e um enrolamento de alta tensão montados concêntricamente ao redor de uma coluna de núcleo. O dito transformador compreende pelo menos um circuito de refrigeração associado a pelo menos um enrolamento de baixa tensão e/ou a um enrolamento de alta tensão. Tal circuito de refrigeração é isolado eletricamente aos enrolamentos de baixa e alta tensão. Além disso, o circuito de refrigeração é capaz de permitir circulação de um fluido refrigerante em seu interior. Adicionalmente, o circuito de refrigeração é provido de dutos de resfriamento, sendo que cada duto de resfriamento possui uma seção transversal que envolve parcialmente uma seção transversal da coluna de núcleo.

Descrição Resumida dos Desenhos

A presente invenção será descrita a seguir em maiores detalhes, com referência aos desenhos anexos, nos quais:

figura 1 - representa uma vista em perspectiva de um transformador de distribuição a seco dotado de meios de refrigeração por ar forçado e água forçada através de um trocador de calor, conforme conhecido do estado da técnica;

figura 2 - representa uma vista em perspectiva de um transformador de distribuição a seco de acordo com uma concretização preferencial da presente invenção;

figura 3 - representa uma vista esquemática lateral do transformador de distribuição a seco ilustrado na figura 2;

figura 4 - representa uma vista esquemática superior do transformador de distribuição a seco ilustrado na figura 2, destacando a disposição construtiva dos dutos de resfriamento;

figura 5 - representa uma vista esquemática lateral de uma seção de enrolamento de alta tensão do transformador de distribuição a seco ilustrado na figura 2 associado aos dutos de resfriamento;

figura 6 - representa uma primeira configuração dos dutos de

resfriamento do transformador de distribuição a seco ilustrado na figura 2;

figura 7 - representa uma segunda configuração dos dutos de resfriamento do transformador de distribuição a seco ilustrado na figura 2; e

figura 8 - representa uma vista esquemática lateral de uma seção de enrolamento de alta tensão e de uma seção de enrolamento de baixa tensão do transformador de distribuição a seco ilustrado na figura 2 associados aos dutos de resfriamento.

Descrição Detalhada das Figuras

A figura 2 ilustra uma vista em perspectiva de um transformador de distribuição a seco 1 de acordo com uma concretização preferencial da presente invenção, para uso preferencial em instalações de distribuição industrial, plataforma de exploração de petróleo ou marina. Por conta disso, o transformador 1 é capaz de prover potências de até algumas dezenas de milhares de KVA.

Vale salientar inicialmente que a técnica da presente invenção pode ser aplicada tanto a um transformador trifásico como a um transformador monofásico.

Conforme pode ser visto na figura 3, tal transformador de distribuição a seco 1 compreende pelo menos um enrolamento (ou bobina) de baixa tensão 2 e um enrolamento (ou bobina) de alta tensão 3 montados concentricamente ao redor de uma coluna de núcleo 1.2, 1.3, onde os enrolamentos de baixa e alta tensão 2, 3 são isolados eletricamente entre si a partir de material sólido. Particularmente, na concretização preferida da presente invenção, o transformador 1 é do tipo trifásico e compreende um núcleo trifásico 1.1, 1.2, 1.3, três enrolamentos de baixa tensão 2 e três enrolamentos de alta tensão 3, como pode ser visto nas figuras 2, 3 e 4. Mais especificamente, o dito núcleo compreende porções ou colunas de núcleo superior e inferior 1.1, colunas de núcleo central 1.2 e colunas de núcleo laterais 1.3.

Conforme pode ser visto nas figuras 5 e 8, o enrolamento da alta tensão 3, também denominado de enrolamento externo, está isolado em relação a terra por meio de uma primeira isolação sólida 4.1, por exemplo resi-

na epóxi. Externamente à primeira isolação sólida 4.1 é de boa prática prover uma blindagem eletrostática 5 aterrada para uniformização de campo. O enrolamento de baixa tensão 2, também denominado de enrolamento interno, está isolado de terra por meio de uma segunda isolação sólida 4.2, por exemplo resina epóxi. O enrolamento de baixa tensão 2 pode possuir blindagem aterrada ou não conforme requerido pelas características da isolação.

Ainda de acordo com a figura 8, o transformador 1 compreende terminais 2.1 de enrolamento de baixa tensão 2 que são encapsulados, blindados e montados no topo do enrolamento. Preferencialmente, tais terminais 2.1 são do tipo "*plug-in*" desconectáveis.

Adicionalmente, o transformador 1 compreende pelo menos um circuito de refrigeração 7, associado a pelo menos um enrolamento de baixa tensão 2 ou a um enrolamento de alta tensão 3, capaz de permitir circulação de um fluido refrigerante em seu interior. Cumpre notar que essa associação entre o circuito de refrigeração 7 aos enrolamentos de alta ou baixa tensão 2, 3 é feita de maneira a garantir a isolação elétrica entre eles, ou seja, o circuito de refrigeração 7 é isolado eletricamente aos enrolamentos de baixa e alta tensão 2,3. Além disso, o circuito de refrigeração 7 também é preferencialmente aterrado.

Preferencialmente, o fluido refrigerante consiste em água do mar nas aplicações em que o transformador é utilizado em instalações como plataformas de petróleo ou navios. Naturalmente, outros tipos de fluidos podem ser utilizados, desde que adequados para a aplicação desejada, como, por exemplo, água doce, reciclada ou a mesma água já utilizada em outros equipamentos de refrigeração industrial, inclusive com adição de cargas de qualquer natureza para aumentar a condutividade térmica da água de refrigeração.

Ainda de maneira preferencial, o fluido refrigerante circula de maneira forçada no interior do circuito de refrigeração 7. Sendo assim, o fluido refrigerante absorve o calor dos enrolamentos do transformador 1 e, após circular pelas partes (dutos) do circuito de refrigeração 7 próximas aos enro-

lamentos, ela é removida, possibilitando a entrada de fluido refrigerante a uma temperatura menor.

5 Cumprir notar ainda que o circuito de refrigeração 7 é provido de uma disposição construtiva configurada para envolver parcialmente a coluna de núcleo 1.2, 1.3, conforme pode ser visto na figura 4. Em outras palavras, o circuito de refrigeração 7 é provido de uma disposição construtiva configurada para não formar espira ao redor da coluna de núcleo 1.2, 1.3, o que permite uma redução das perdas eletromagnéticas e, desta forma, proporciona a otimização da eficiência de operação.

10 Particularmente, o circuito de refrigeração 7 compreende pelo menos um duto de resfriamento 6 que envolve parcial ou totalmente o enrolamento de baixa tensão 2 e/ou o enrolamento de alta tensão 3, conforme pode ser visto nas figuras 2, 3, 4, 5 e 8.

15 De acordo com as figuras 3, 4, 5 e 8, o circuito de refrigeração 7 é dotado de uma pluralidade de dutos de resfriamentos 6 dispostos em espaços compreendidos entre o enrolamento de baixa tensão 2 e o enrolamento de alta tensão 3. Preferencialmente, os dutos de resfriamento 6 estão dispostos também entre a coluna de núcleo 1.2, 1.3 e os enrolamentos de baixa e alta tensão 2, 3, a fim de prover uma maior eficácia de refrigeração.

20 Ainda de maneira preferencial, os dutos de resfriamento 6 são constituídos de materiais metálicos que devem ser aterrados. Opcionalmente, os dutos de resfriamento 6 podem ser constituídos de material isolante de resina e fibra de vidro, preferencialmente aterrados. Em outras palavras, os dutos de resfriamento são constituídos por um material adequado ao tipo de
25 água utilizado a efeitos de proteção contra corrosão, como, por exemplo, aço inoxidável ou latão naval, ou outros materiais que podem ser condutores elétricos ou não.

30 Conforme pode ser visto na figura 4, cada duto de resfriamento 6 possui uma seção transversal que envolve parcialmente uma seção transversal da coluna de núcleo 1.2, 1.3. Esta disposição construtiva evita a formação de uma espira em torno da coluna de núcleo 1.2, 1.3.

De acordo com as figuras 6 e 7, os dutos de resfriamento 6 são

associados operativamente a um trocador de calor externo 6.2 por meios de dutos de entrada/saída 6.1. Tal trocador de calor externo 6.2 pode ser alocado em lugar conveniente, distante do transformador 1.

5 Desta maneira, ao contrário das técnicas conhecidas, os dutos de resfriamento 6 da presente invenção são isolados dos enrolamentos, aterrados e evitam formação de espira de modo a permitir que a máquina opere com água de refrigeração salgada ou sem tratamento em potências da ordem de 50 MVA, e classe de tensão da ordem de até 34 kV. Por conta disso, é possível instalar o transformador 1 em um espaço reduzido, uma vez
10 que não há a necessidade de alocar um espaço interno para tratamento da condutividade elétrica da água e, além disso, não há necessidade de um cubículo para o transformador 1. Em outras palavras, o transformador 1 da presente invenção possui a vantagem de não necessitar de um sistema de desionização da água, o que significa uma redução de custo e economia de
15 material e espaço na instalação.

Uma vantagem adicional do transformador 1 da presente invenção refere-se ao fato de que este é isento de óleos isolantes, os quais poderiam contaminar o meio ambiente, como o lençol freático em caso de vazamento, durante o transporte ou durante a operação do transformador. Assim,
20 as instalações dos transformadores propostos na presente invenção podem ser de execução mais simples e econômica, uma vez que estes não requerem um sistema de contenção de óleo, em caso de vazamento ou explosão.

Adicionalmente, no transformador 1 objeto da invenção, a transmissão de calor desde os enrolamentos até o meio de refrigeração é
25 feita por condução térmica, que tem maior eficiência térmica que a convecção usada na refrigeração por meio de ar.

Tendo sido descrito um exemplo de concretização preferido, deve ser entendido que o escopo da presente invenção abrange outras possíveis variações, sendo limitado tão somente pelo teor das reivindicações a-
30 pensas, onde são incluídos os possíveis equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Transformador de distribuição a seco (1) compreendendo pelo menos:

5 - um enrolamento de baixa tensão (2) e um enrolamento de alta tensão (3), montados concentricamente ao redor de uma coluna de núcleo (1.2, 1.3); e

10 - um circuito de refrigeração (7) associado a pelo menos um enrolamento de baixa tensão (2) e/ou a um enrolamento de alta tensão (3), o circuito de refrigeração (7) sendo isolado eletricamente aos enrolamentos de baixa e alta tensão (2,3), o circuito de refrigeração (7) sendo capaz de permitir circulação de um fluido refrigerante em seu interior,

 o transformador (1) sendo caracterizado pelo fato de que o circuito de refrigeração (7) é provido de uma disposição construtiva configurada para envolver parcialmente a coluna de núcleo (1.2, 1.3).

15 2. Transformador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o circuito de refrigeração (7) compreende pelo menos um duto de resfriamento (6) que envolve parcialmente o enrolamento de baixa tensão (2) e/ou o enrolamento de alta tensão (3).

20 3. Transformador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o circuito de refrigeração (7) compreende pelo menos um duto de resfriamento (6) que envolve totalmente o enrolamento de baixa tensão (2) e/ou o enrolamento de alta tensão (3).

25 4. Transformador, de acordo com a reivindicação 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que o circuito de refrigeração (7) é dotado de uma pluralidade de dutos de resfriamento (6) dispostos em espaços compreendidos entre o enrolamento de baixa tensão (2) e o enrolamento de alta tensão (3) e/ou em espaços compreendidos entre a coluna de núcleo (1.2, 1.3) e os enrolamentos de baixa e alta tensão (2, 3).

30 5. Transformador, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o fluido refrigerante consiste em água do mar.

 6. Transformador, de acordo com qualquer uma das reivindica-

ções 2 a 5, caracterizado pelo fato de que o duto de resfriamento (6) é constituído de material metálico.

7. Transformador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 5, caracterizado pelo fato de que o duto de resfriamento (6) é constituído de material isolante de resina e fibra de vidro.

8. Transformador, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o fluido refrigerante circula de maneira forçada no interior do circuito de refrigeração (7).

9. Transformador de distribuição a seco (1) compreendendo pelo menos:

- um enrolamento de baixa tensão (2) e um enrolamento de alta tensão (3), montados concêntricamente ao redor de uma coluna de núcleo (1.2, 1.3); e

- um circuito de refrigeração (7) associado a pelo menos um enrolamento de baixa tensão (2) e/ou a um enrolamento de alta tensão (3), o circuito de refrigeração (7) sendo capaz de permitir circulação de um fluido refrigerante em seu interior,

o transformador (1) sendo caracterizado pelo fato de que o circuito de refrigeração (7) é provido de uma disposição construtiva configurada para não formar espira ao redor da coluna de núcleo (1.2, 1.3).

10. Transformador de distribuição a seco (1) compreendendo pelo menos:

- um enrolamento de baixa tensão (2) e um enrolamento de alta tensão (3), montados concêntricamente ao redor de uma coluna de núcleo (1.2, 1.3); e

- um circuito de refrigeração (7) associado a pelo menos um enrolamento de baixa tensão (2) e/ou a um enrolamento de alta tensão (3), o circuito de refrigeração (7) sendo capaz de permitir circulação de um fluido refrigerante em seu interior,

o transformador (1) sendo caracterizado pelo fato de que o circuito de refrigeração (7) é provido de dutos de resfriamento (6), sendo que cada duto de resfriamento (6) possui uma seção transversal que envolve

parcialmente uma seção transversal da coluna de núcleo (1.2, 1.3).

1/8

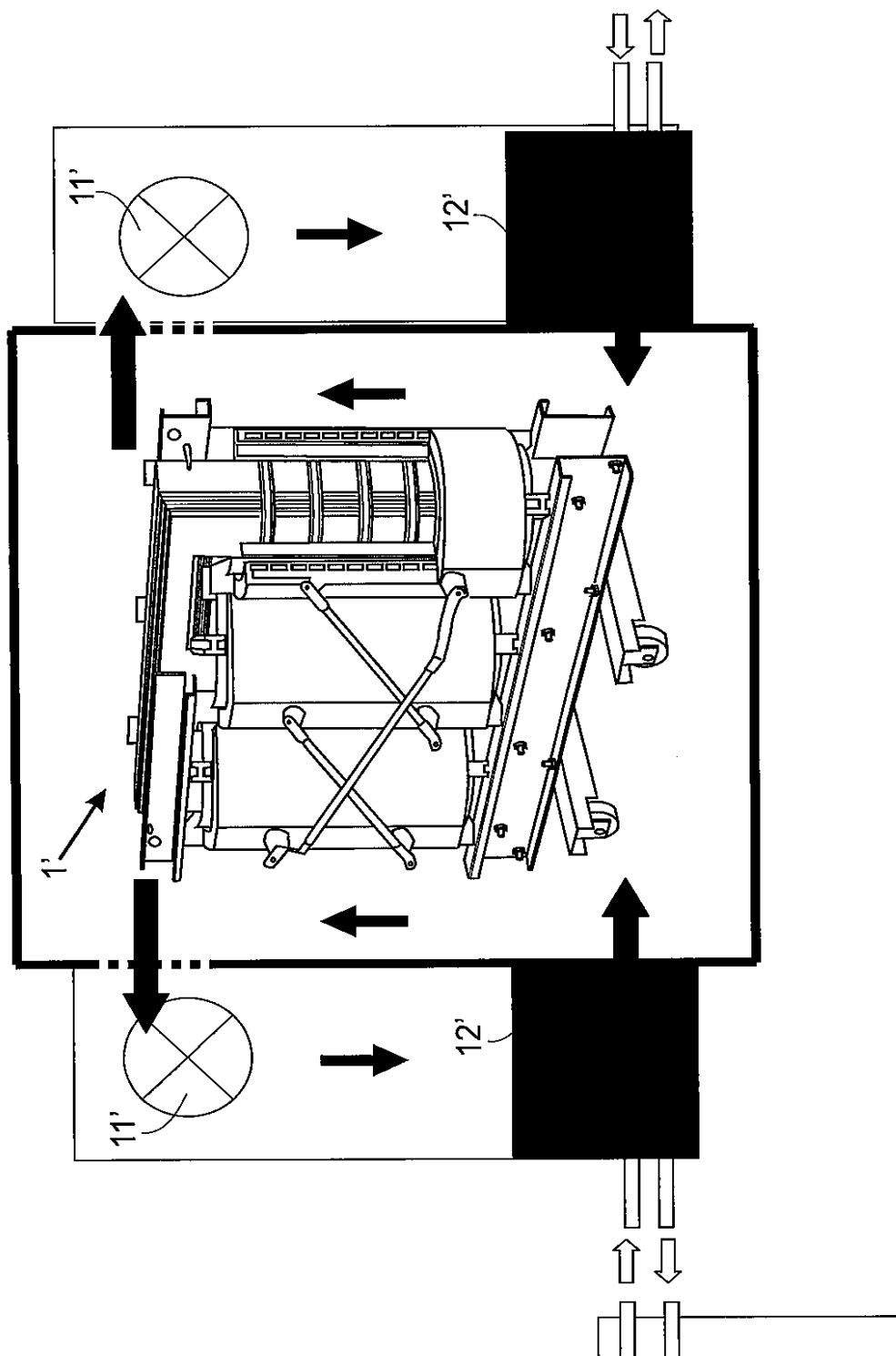


Fig. 1

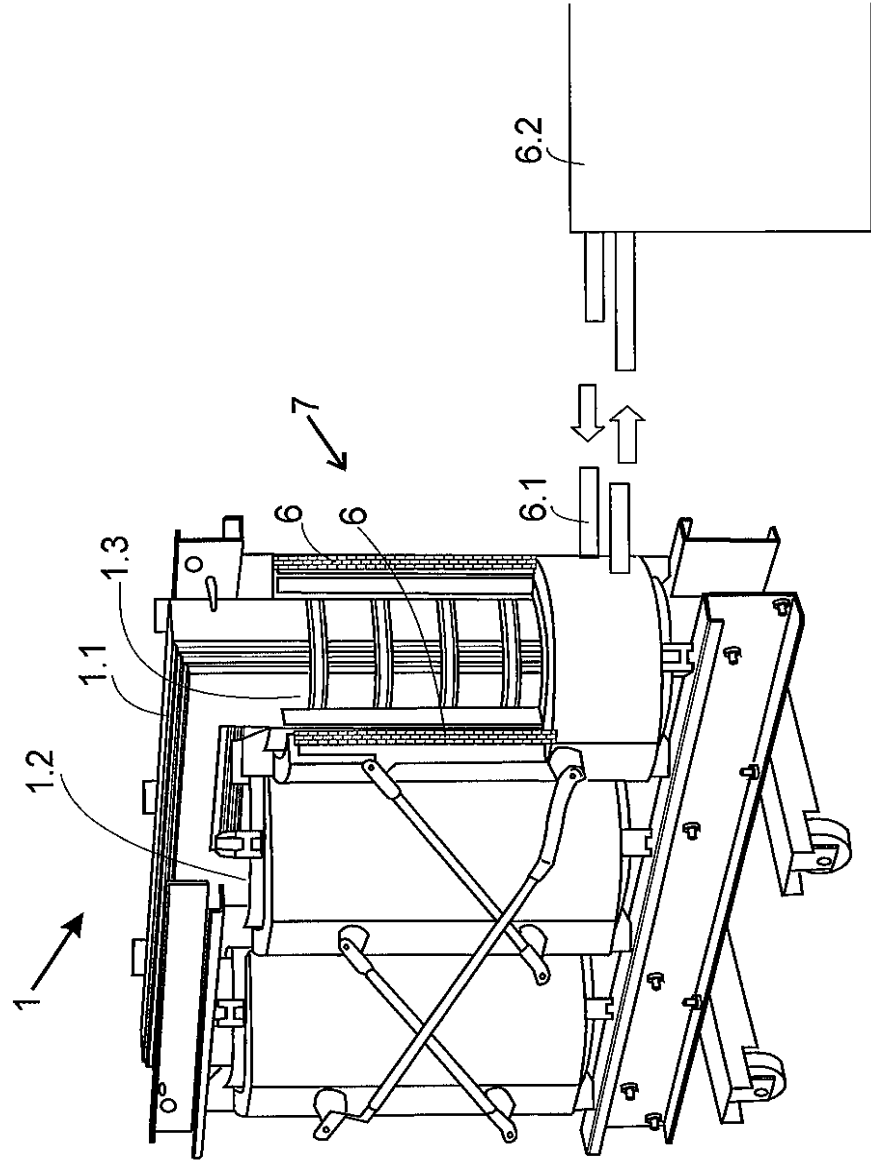


Fig. 2

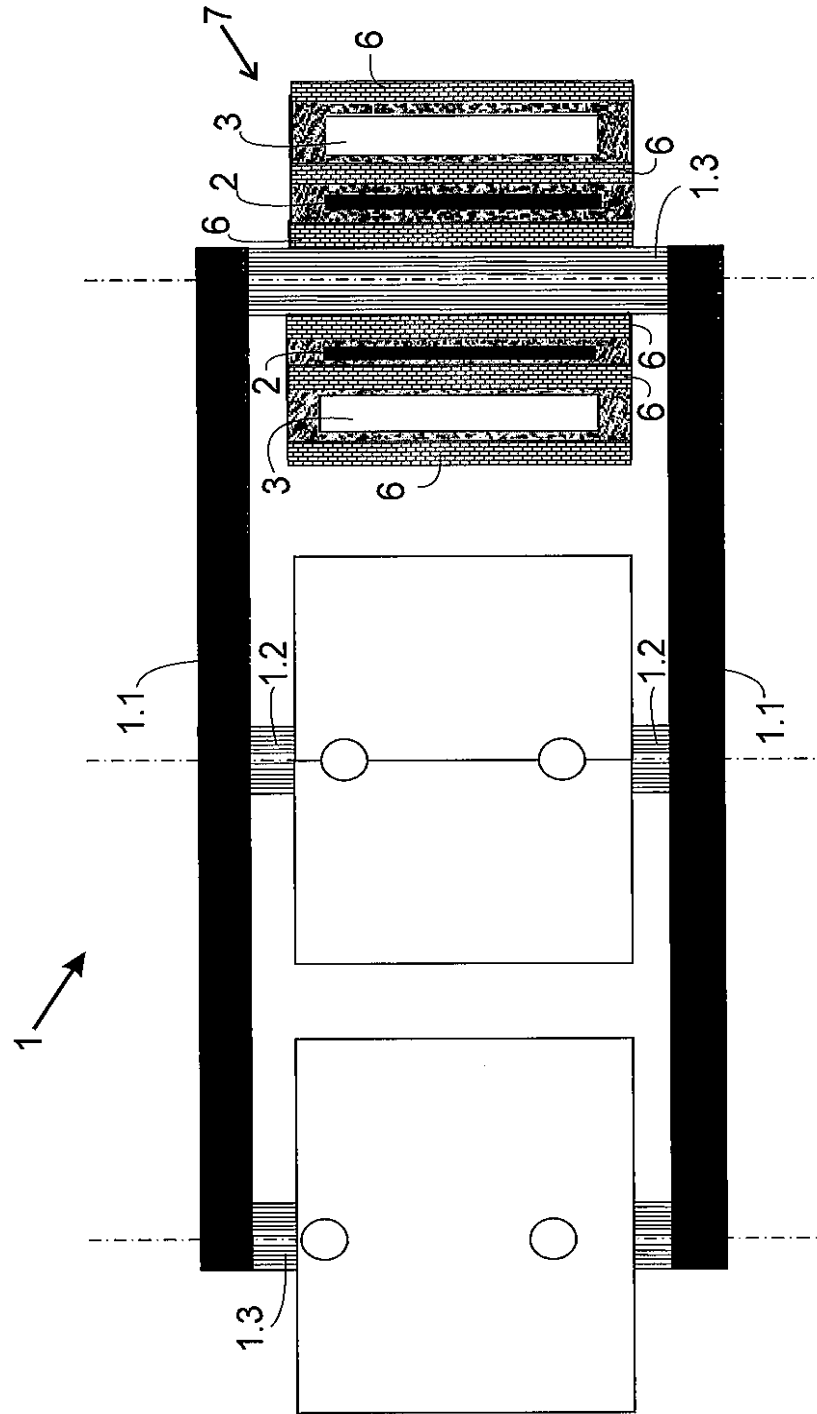


Fig. 3

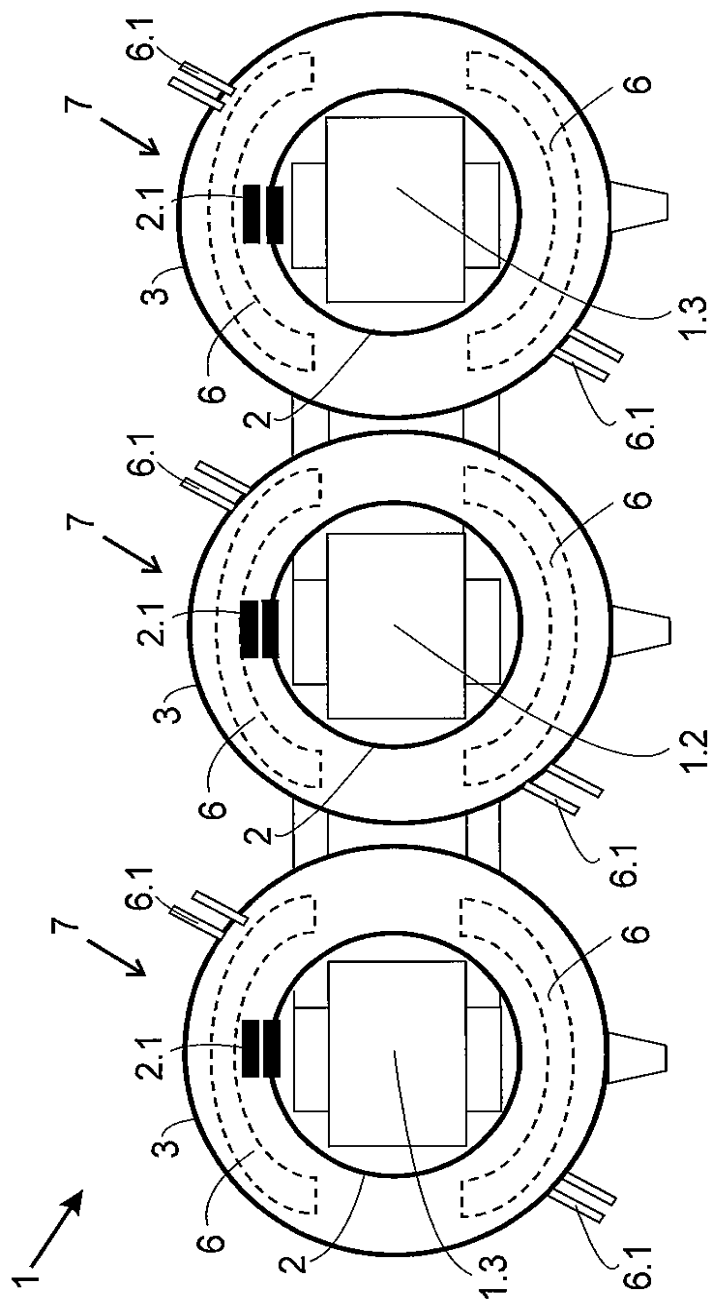


Fig. 4

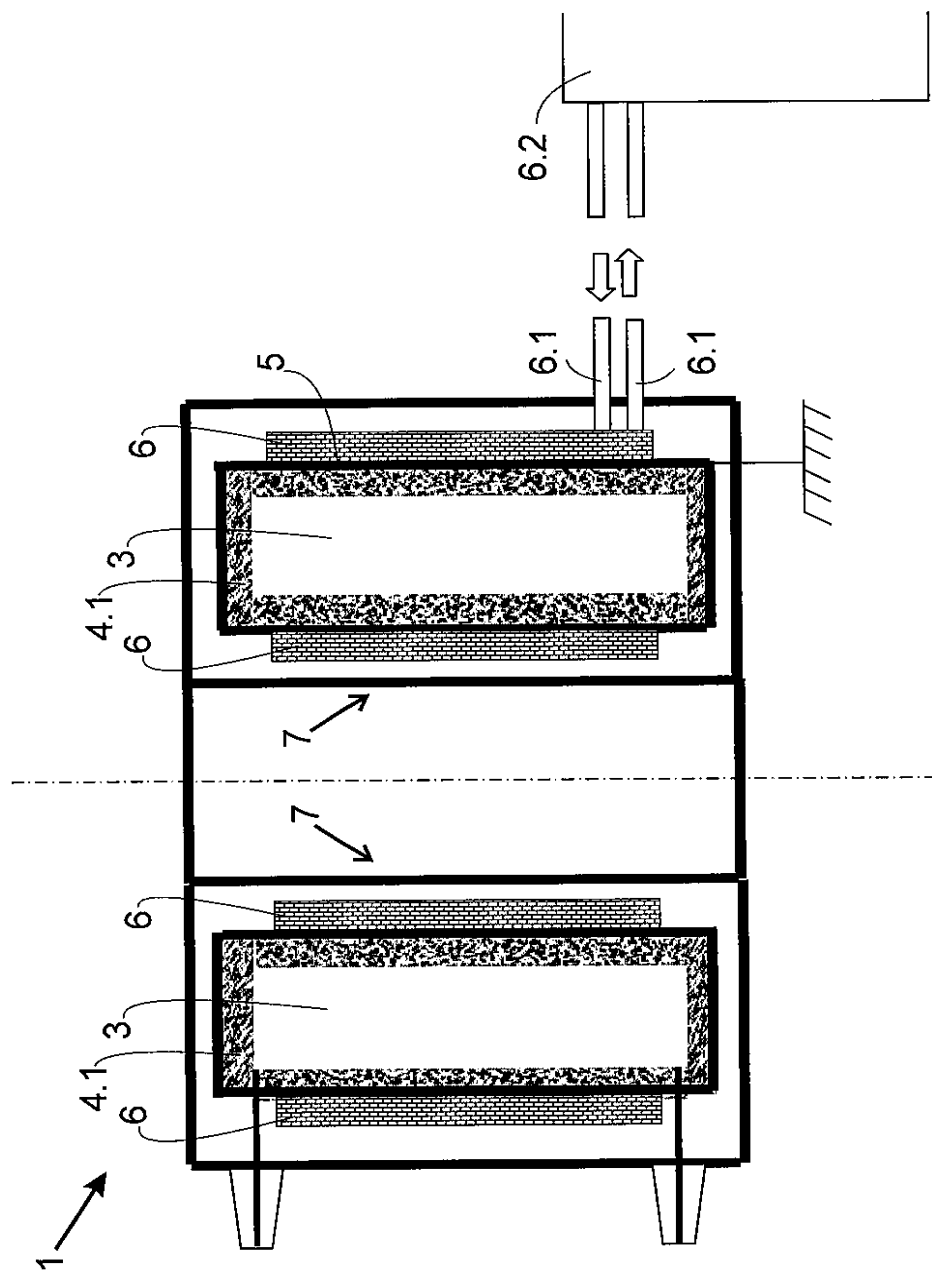


Fig. 5

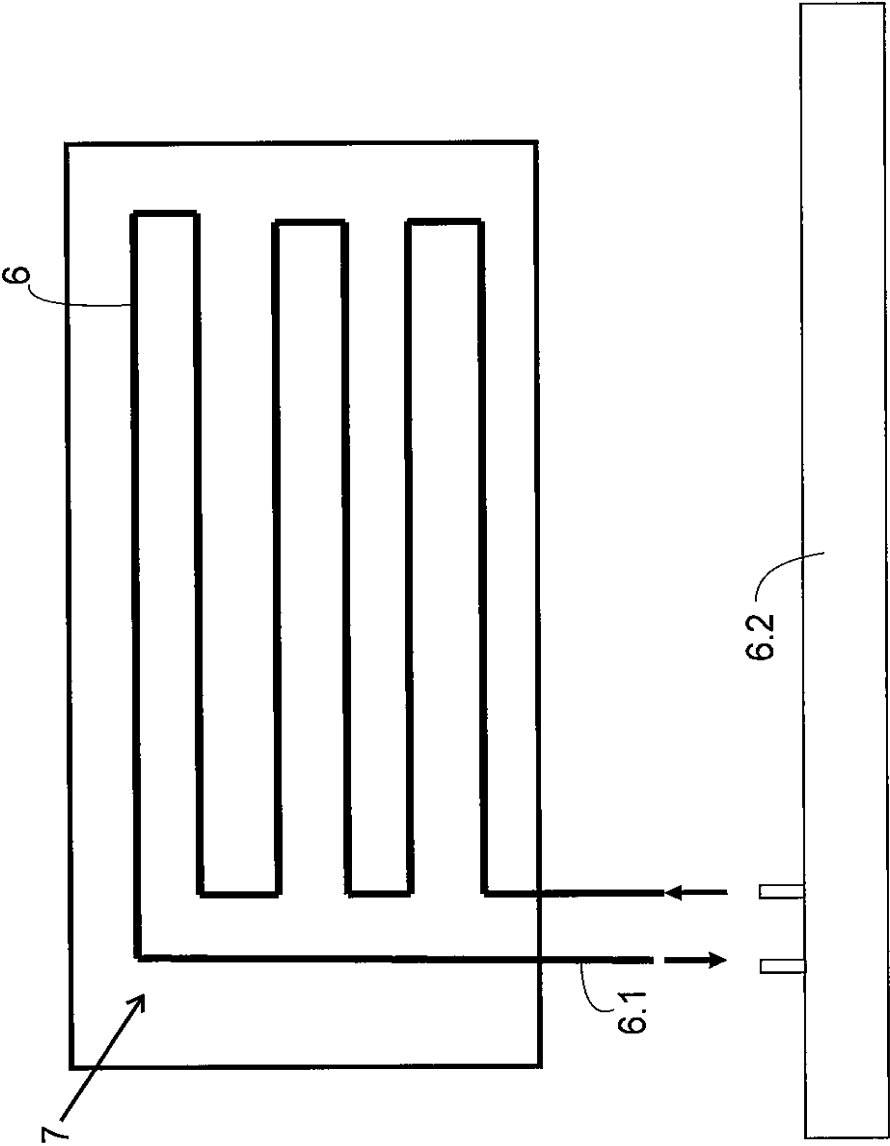


Fig. 6

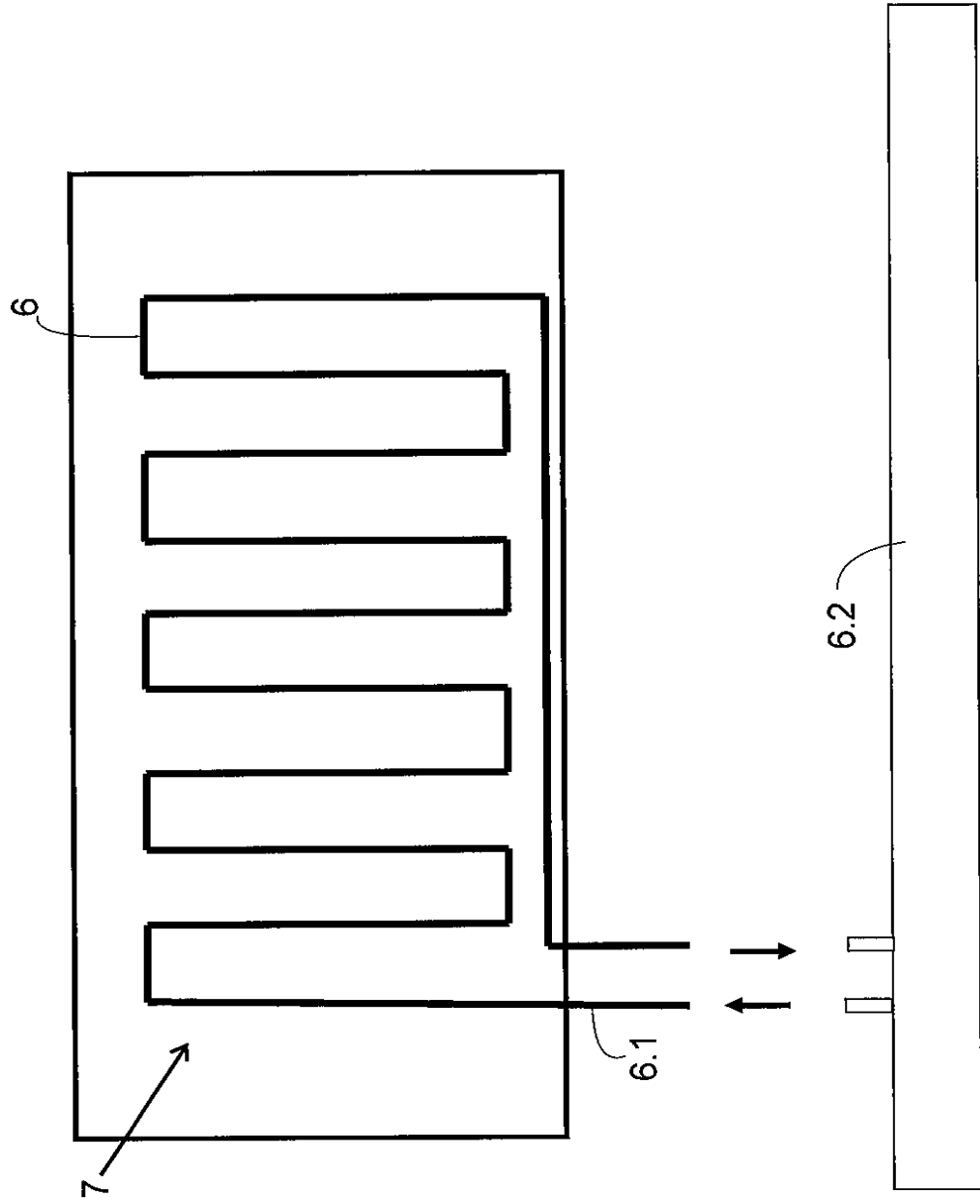


Fig. 7

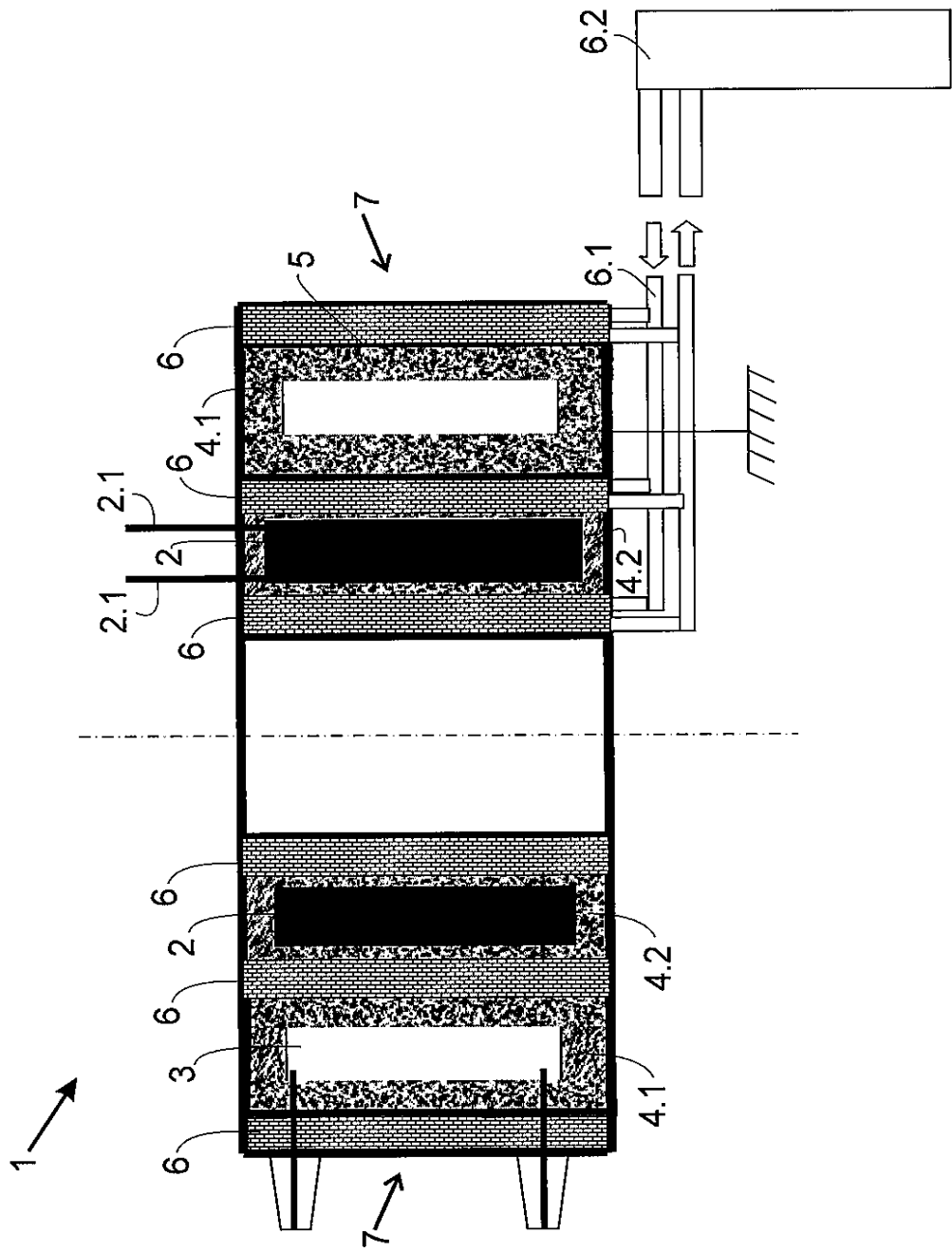


Fig. 8

RESUMO

Patente de Invenção: **"TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO A SECO"**.

A presente invenção refere-se a um transformador de distribuição seco (1) compreendendo pelo menos um enrolamento de baixa tensão (2) e um enrolamento de alta tensão (3), montados concentricamente ao redor de uma coluna de núcleo (1.2, 1.3). O transformador (1) compreende pelo menos um circuito de refrigeração (7) associado a pelo menos um enrolamento de baixa tensão (2) e/ou a um enrolamento de alta tensão (3). Tal circuito de refrigeração (7) é isolado eletricamente aos enrolamentos de baixa e alta tensão (2,3). Além disso, o circuito de refrigeração (7) é capaz de permitir circulação de um fluido refrigerante em seu interior. Adicionalmente, o circuito de refrigeração (7) é provido de uma disposição construtiva configurada para envolver parcialmente a coluna de núcleo (1.2, 1.3), ou seja, a disposição construtiva é configurada para não formar espira ao redor da coluna de núcleo (1.2, 1.3). O circuito de refrigeração (7) é provido de dutos de resfriamento (6), sendo que cada duto de resfriamento (6) possui uma seção transversal que envolve parcialmente uma seção transversal da coluna de núcleo (1.2, 1.3).