



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(11) PI 0822676-8 B1

(22) Data do Depósito: 13/05/2008

(45) Data de Concessão: 10/10/2023

(54) Título: TRANSFORMADOR DO TIPO SECO

(51) Int.Cl.: H01F 27/30.

(73) Titular(es): HITACHI ENERGY SWITZERLAND AG.

(72) Inventor(es): CHARLES W. JOHNSON; JAN LEANDER; KAREL BILEK; BENJAMIN WEBER.

(86) Pedido PCT: PCT EP2008003820 de 13/05/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/138095 de 19/11/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 12/11/2010

(57) Resumo: TRANSFORMADOR DO TIPO SECO. A presente invenção refere-se a um transformador do tipo seco que compreende pelo menos um enrolamento de alta tensão e um enrolamento de baixa tensão que interagem por meio de um campo eletromagnético. Cada enrolamento é constituído pelo enrolamento de condutores, o enrolamento de alta tensão e o enrolamento de baixa tensão tendo uma distância definida entre si, espaçadores (10) sendo previstos entre os elementos para manter a dita distância. A invenção refere-se, ainda, a um processo para produzir os espaçadores (10).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"TRANSFORMADOR DO TIPO SECO E PROCESSO PARA PRODUZIR ESPAÇADORES MECANICAMENTE REFORÇADOS"**.

Descrição

[001] A presente invenção refere-se a um transformador do tipo seco com pelo menos em cada caso um enrolamento de alta-tensão e um enrolamento de baixa tensão, que são funcionalmente interligados por um campo eletromagnético, cada enrolamento sendo construído de condutores de enrolamento.

[002] Há muito tempo é conhecida a utilização de transformadores na distribuição de energia elétrica pela transformação de tensão de CA de um alto nível para um nível de baixa tensão; ou vice-versa. Os enrolamentos condutores que são enrolados em torno de um núcleo de ferro toroidal que de maneira genérica têm uma seção retangular são usados para esta finalidade.

[003] O documento EP 0 557 549 B1 descreve um processo para produzir um transformador de energia que é fundido com resina de fundição e tem um núcleo enrolado em tira cortada, de preferência produzido de um ferro-liga laminado a frio que tem uma direção preferida de magnetização, assim como um transformador de núcleo toroidal produzido de acordo com este processo.

[004] A distância entre o enrolamento de alta tensão e o enrolamento de baixa tensão necessita ser mantida de maneira muito efetiva e confiável para evitar efeitos de interferência, para que o isolamento entre os dois enrolamentos possa ser submetido a uma carga tão alta quanto possível, este isolamento necessita ser construído com o menor número possível de defeitos. Todavia, isto constitui um problema que ainda não foi resolvido.

[005] O canal de vazamento dos enrolamentos, isto é, a região entre o enrolamento de alta tensão e o enrolamento de baixa tensão

está sujeita a forças que podem possivelmente resultar na formação de fissuras no produto fundido, *inter alia* como resultado de flutuações de temperatura seria vantajoso, por conseguinte reforçar mecanicamente esta região. Além disso, consideráveis forças também ocorrem como resultado do fluxo magnético no canal de fuga entre as espiras individuais dos enrolamentos, especialmente, quando a pressão de sujeição é insuficiente para as forças que ocorrem, consideráveis deformações de enrolamento permanentes ou mesmo rupturas de enrolamento podem ocorrer.

[006] Contra os antecedentes desta técnica anterior, o objetivo da invenção é projetar um transformador tipo seco do tipo inicialmente mencionado de tal maneira que seu funcionamento confiável seja assegurado e os problemas supramencionados não exerçam qualquer influência ou somente uma influência não considerável sobre o seu funcionamento. Além disso, a invenção especifica um processo que possibilita produzir o transformador do tipo seco de acordo com a invenção.

[007] Este objetivo é alcançado de acordo com a invenção pelas características especificadas na reivindicação 1. De maneira correspondente, a invenção assegura que o enrolamento de alta tensão e o enrolamento de baixa tensão tenham uma distância definida entre si, com espaçadores que são dispostos entre os enrolamentos sendo previstos de maneira a manter a dita distância. Os espaçadores fornecidos de acordo com a invenção têm rigidez suficiente que previne a interferência durante a operação que de outro modo não poderia ser excluída.

[008] De acordo com uma configuração preferencial da invenção, os espaçadores têm um perfil em seção transversal, que evita arestas agudas e é otimizado em termos de processabilidade e confiabilidade operacional. Dentro do significado desta configuração de acordo com a

invenção, os espaçadores são dotados de uma seção transversal circular ou de uma seção transversal oval ou retangular.

[0009] Em geral, no caso do transformador do tipo seco de acordo com a invenção, as bordas longitudinais dos espaçadores são providas de um raio.

[0010] Correspondente a outro desenvolvimento preferencial do transformador do tipo seco de acordo com a invenção. Os espaçadores interpostos entre o enrolamento de alta tensão e o enrolamento de baixa tensão são mecanicamente reforçados e conectados entre si por intermédio de uma estrutura de fibra.

[0011] É possível neste caso assegurar que a estrutura fibrosa prevista para reforçar os espaçadores seja formada por mechas compreendendo fibras eletricamente não condutivas de alta resistência ou de um tecido trançado compreendendo fibras eletricamente não condutivas de alta resistência. Além disso, a estrutura de fibras pode vantajosamente também ser formada por uma malha compreendendo fibras eletricamente não condutivas de alta resistência.

[0012] Em um desenvolvimento preferencial da invenção, a estrutura fibrosa pode ser formada de fibras de vidro, de fibras de aramida, de fibras de carbono ou de uma mistura destas fibras. No tocante à espessura requerida dos espaçadores, a espessura destes feixes de fibras é somente uma fração desta, a saber aproximadamente em uma relação de 1 para 10, isto é, os feixes de fibras têm uma espessura de 1 mm e os espaçadores têm uma espessura de 10 mm.

[0013] De acordo com uma modalidade vantajosa, a invenção assegura que a estrutura de fibra prevista para reforçar os espaçadores seja integrada pelo menos parcialmente nos espaçadores, no qual as fibras formadoras da estrutura de fibra podem ser introduzidas localmente por meio de serem fundidas ou inseridas no interior dos espaçadores, por exemplo.

[0014] Conforme já foi acima mencionado, a invenção também trata de um processo para produzir espaçadores mecanicamente reforçados que são dispostos entre os enrolamentos de maneira a manter a distância requerida entre o enrolamento de alta tensão e o enrolamento de baixa tensão de um transformador do tipo seco.

[0015] Neste caso, o objetivo consiste em possibilitar de uma maneira simples, produzir espaçadores para um transformador do tipo seco de acordo com a invenção.

[0016] Este objetivo é alcançado de acordo com a invenção pelos aspectos característicos da reivindicação 15. Correspondentemente, o processo de acordo com a invenção é caracterizado pelo fato de que os moldes apresentados para produzir os espaçadores são posicionados a uma distância definida entre si.

[0017] A seguir, a estrutura de fibras que é prevista para mecanicamente reforçar os espaçadores e compreende fibras de alta resistência, eletricamente não condutivas, e os moldes posicionados para os espaçadores serem levados a entrar em contato mútuo, no qual de preferência a estrutura de fibras prevista para processamento é assentada localmente sobre os moldes e cada molde é então virtualmente fechado, por exemplo, por uma parte de cobertura de maneira a impedir quaisquer vazamentos durante o lançamento do composto de fundição.

[0018] A seguir, o composto de fundição é vazado no interior deste conjunto, isto é, nos moldes, que são posicionados a distâncias definidas entre si, para os espaçadores com a estrutura de fibras interposta, como resultado do qual a estrutura de fibras é pelo menos parcialmente circundada por intermédio do composto de fundição com os espaçadores ancorados no seu interior.

[0019] Outro aspecto vantajoso do processo, de acordo com a invenção, é caracterizado pelo fato de que antes de e durante o lança-

mento do composto de fundição no interior dos moldes previstos para produzir os espaçadores, em cada caso fibras eletricamente não condutivas, de alta resistência, são inseridas as ditas fibras assim contribuindo para a estabilidade mecânica dos espaçadores produzidos, de acordo com o processo.

[0020] Outra medida preferencial para aperfeiçoar a resistência mecânica dos espaçadores de acordo com a invenção é caracterizada pelo fato de que dependendo do material previsto como composto de fundição, o composto de fundição localizado nos moldes é curado antes dos produtos moldados serem removidos dos espaçadores.

[0021] Provisão é adicionalmente feita para os espaçadores acima descritos serem inseridos entre o enrolamento de alta-tensão e o enrolamento de baixa tensão tão logo quanto durante o processo de enrolamento anterior à aplicação do enrolamento de alta tensão. Isto tem a vantagem da introdução uniforme de força ou distribuição de força no caso da ocorrência de interferência que tem um efeito desvantajoso sobre a integridade do enrolamento.

[0022] De acordo com uma modalidade vantajosa da invenção, os espaçadores são de preferência fabricados do mesmo material que é proposto para ser usado posteriormente para a fundição do inteiro enrolamento. A superfície dos espaçadores é neste caso preparada de tal maneira que haja a melhor adesão possível do composto de fundição sobre o respectivo espaçador.

[0023] De maneira a controlar as possíveis cargas mecânicas na região do canal de vazamento, a invenção assegura inserção de fibras de alta resistência na forma de mechas de vidro ou de uma malha de vidro a ser prevista de maneira a reforçar mecanicamente os enrolamentos ou o composto de fundição circundando os enrolamentos.

[0024] Este reforço é também integrado nos espaçadores que são ainda requeridos, isto é, o material de reforço mecânico é fundido no

interior dos espaçadores a distâncias específicas igualmente, por exemplo. Isto resulta em um reforço de malha de vidro com um espaçador integrado, por exemplo.

[0025] Outras configurações vantajosas possíveis são mencionadas nas demais reivindicações subordinadas.

[0026] A invenção, modalidades adicionais e vantagens adicionais serão descritas em mais detalhe com referência às modalidades típicas ilustradas nos desenhos, de acordo com os quais:

a figura 1 mostra um contorno de possíveis perfis em seção transversal dos espaçadores de acordo com a invenção; e

a figura 2 mostra um conjunto de espaçadores que são conectados com uma estrutura de reforço em forma de malha compreendendo fibras.

[0027] A figura 1 ilustra uma série de diferentes perfis em seção transversal para os espaçadores 10 de acordo com a invenção que são inseridos entre as camadas de enrolamento do enrolamento de alta tensão (não ilustrados aqui em mais detalhe).

[0028] De maneira conveniente, estes espaçadores 10 são introduzidos entre as camadas relevantes tão logo quanto durante a produção de enrolamento (não ilustrada aqui em mais detalhe) para assim assegurar que a distribuição de carga ou a introdução de carga como um resultado de forças causadas por flutuações de temperatura ou então pelo fluxo magnético no canal de dispersão entre as espiras individuais dos enrolamentos se torne mais uniforme.

[0029] As formas em seção transversal preferenciais dos espaçadores 10 de acordo com a invenção são aquelas seções transversais que, devido ao seu perfil, primeiramente têm um módulo de seção elástica suficientemente elevado e em segundo lugar podem ser processados facilmente ao construir as camadas de enrolamento. Tais formas não apresentam quaisquer regiões de pontas afiadas nas quais

possíveis tensões poderiam se concentrar, porém, apresentam um perfil harmonioso, por exemplo, um formato circular ou retangular com regiões de bordas arredondadas ou uma forma oval. De qualquer modo, os espaçadores são formados de fibras altamente resistentes, eletricamente não condutivas que, por conseguinte, têm resistência mecânica suficiente.

[0030] Os espaçadores 10 de acordo com a invenção são de preferência produzidos em moldagens alongadas (igualmente não mostradas em qualquer mais detalhe aqui), no interior dos quais as fibras mencionadas são inseridas e a seguir circundadas por um composto de fundição de preferência curável introduzido nos moldes.

[0031] Em vez deste tipo de produção, os espaçadores de acordo com a invenção também podem ser produzidos por intermédio de um composto de fundição já pré-misturado, isto é, o composto de fundição acima mencionado, por exemplo, baseado sobre resinas sintéticas tal como resina poliéster é inicialmente enriquecido com fibras de diferentes comprimentos e a seguir subsequentemente fundido no interior dos moldes relevantes. Neste caso, as fibras que são dispostas de modo a ser distribuídas de maneira uniforme no composto de fundição formam um tecido fiado de alta resistência, reforçado por fibras com o composto de fundição.

[0032] A figura 2 ilustra uma variante de acordo com a invenção dos espaçadores 10 de acordo com a invenção, em cuja variante os espaçadores 10, que são dispostos em relação paralela entre si, são conectados entre si por meio de uma rede 12 de fibras não condutivas de alta resistência 14. Nesta configuração, os espaçadores 10 fornecidos são aqueles que têm uma seção transversal circular.

[0033] A estrutura de fibras em forma de malha 12 é neste caso ligada virtualmente integralmente com os espaçadores mutuamente adjacentes 10 e assim confere reforço adicional dos espaçadores 10

em virtude dos ditos espaçadores formarem uma unidade com os feixes de fibras 14 contíguos com as respectivas malhas, como um resultado do processo de produção.

[0034] De maneira a produzir estes espaçadores 10 que são reforçados pela malha 12, previsão é feita para inicialmente a malha 12 ser produzida de fibras altamente resistentes 14 então para cada uma ser montada com os moldes (não mostrados aqui em qualquer mais detalhe) previstos para produzir os espaçadores 10 e então para ser circundada localmente pelo composto de fundição provido para produzir os espaçadores 10 quando o dito composto de fundição é introduzido nos moldes para os espaçadores 10.

[0035] Sob este aspecto, a figura 2 mostra duas vistas, a saber uma vista lateral no topo e uma vista em planta ou vista seccional no fundo, a última se estendendo a um angulo de 90° com relação à vista lateral.

[0036] A última ilustração mostra que a estrutura de fibras tem uma espessura substancialmente inalterada nos pontos de interseção 16 entre os feixes de fibras 14 formando a malha 12, enquanto a espessura aumentada dos espaçadores 10, que são aproximadamente 150% mais espessos que a estrutura de fibras em forma de malha 12, é claramente evidente nos pontos de interseção 18 com os espaçadores 10.

LISTAGEM DE REFERÊNCIA

10	Espaçadores
12	Malha, estrutura de fibras em forma de malha
14	Feixe de fibras
16	Pontos de interseção de feixe de fibras
18	Pontos de interseção de feixes de fibras com espaçadores

REIVINDICAÇÕES

1. Transformador do tipo seco com pelo menos em cada caso um enrolamento de alta tensão e um enrolamento de baixa tensão, que são operativamente ligados entre si por um campo eletromagnético, cada enrolamento sendo construído de condutores de enrolamento, o enrolamento de alta tensão e o enrolamento de baixa tensão tendo uma distância definida entre si, com os espaçadores (10) que são dispostos entre os enrolamentos sendo unidos de modo a manter a dita distância, caracterizado pelo fato de que os espaçadores (10) são mecanicamente reforçados e conectados entre si por meio de uma estrutura de fibras (12), sendo que a estrutura de fibras (12) prevista para reforçar os espaçadores (10) é integrada pelo menos parcialmente nos espaçadores (10).

2. Transformador do tipo seco de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os espaçadores (10) têm um perfil em seção transversal que, evita pontas afiadas e são otimizados em termos de processabilidade e confiabilidade operacional.

3. Transformador do tipo seco de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que os espaçadores (10) apresentam uma seção transversal circular.

4. Transformador do tipo seco de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que os espaçadores (10) apresentam uma seção transversal oval.

5. Transformador do tipo seco de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que os espaçadores (10) apresentam uma seção transversal retangular.

6. Transformador do tipo seco de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que as bordas longitudinais dos espaçadores (10) apresentam um raio.

7. Transformador do tipo seco de acordo com qualquer uma

das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a estrutura de fibras (12) prevista para reforçar os espaçadores (10) é formada por mechas compreendendo fibras de alta resistência eletricamente não condutivas (14).

8. Transformador do tipo seco de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que estrutura de fibras (12) é formada por tecido trançado, compreendendo fibras eletricamente não condutivas de alta resistência (14).

9. Transformador do tipo seco de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a estrutura de fibras (12) é formada por uma malha compreendendo fibras eletricamente não condutivas de alta resistência (14).

10. Transformador do tipo seco de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que a estrutura de fibras (12) é formada de fibras de vidro.

11. Transformador do tipo seco de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que a estrutura de fibras (12) é formada de fibras de aramida.

12. Transformador do tipo seco de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que a estrutura de fibras (12) é formada de fibras de carbono.

13. Transformador do tipo seco de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o composto de fundição é misturado com fibras (14) que correspondem àquelas na estrutura de fibras (12) prevista para fins de reforço.

14. Processo para produzir espaçadores mecanicamente reforçados (10) que são dispostos entre os enrolamentos de maneira a manter a distância requerida entre o enrolamento de alta tensão e o enrolamento de baixa tensão de um transformador do tipo seco, caracterizado pelo fato de que,

- os moldes previstos para produzir os espaçadores (10) são posicionados a uma distância definida entre si;

- a estrutura de fibras (12) que é prevista para reforçar mecanicamente os espaçadores (10) e compreende fibras de alta resistência, eletricamente não condutivas (14) é levada a entrar em contato com os moldes posicionados para os espaçadores (10); e

- a estrutura de fibras (12) que foi provida com moldes posicionados a distâncias definidas entre si para os espaçadores (10) é pelo menos parcialmente circundada pelo composto de fundição e ancorada neles quando o composto de fundição para os espaçadores (10) é fundido no interior dos moldes previstos para esta finalidade, com os espaçadores (10) sendo mecanicamente reforçados e conectados entre si por meio de uma estrutura de fibras, sendo que a estrutura de fibras (12) prevista para reforçar os espaçadores é integrada pelo menos parcialmente nos espaçadores (10).

15. Processo de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que antes de e durante o lançamento do composto de fundição no interior dos moldes previstos para produzir os espaçadores (10), em cada caso fibras de alta resistência eletricamente não condutivas (14) são inseridas.

16. Processo de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que antes do lançamento do composto de fundição para a produção dos espaçadores (10) ser introduzido, são adicionadas fibras de alta resistência, eletricamente não condutivas (14).

17. Processo de acordo com a reivindicação 14 ou 15, caracterizado pelo fato de que, dependendo do material previsto como composto de fundição, o composto de fundição localizado nos moldes é curado antes dos moldes serem removidos dos espaçadores (10).

1/1

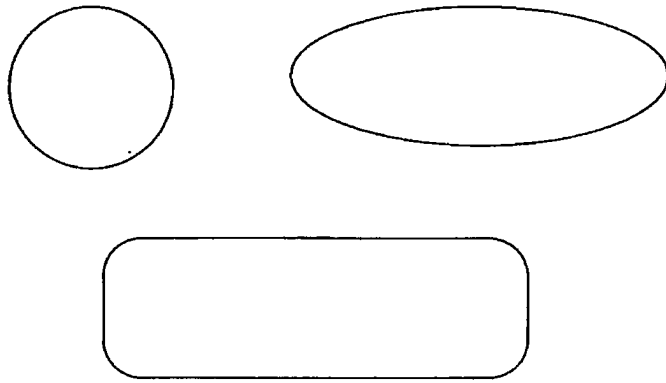


Fig. 1

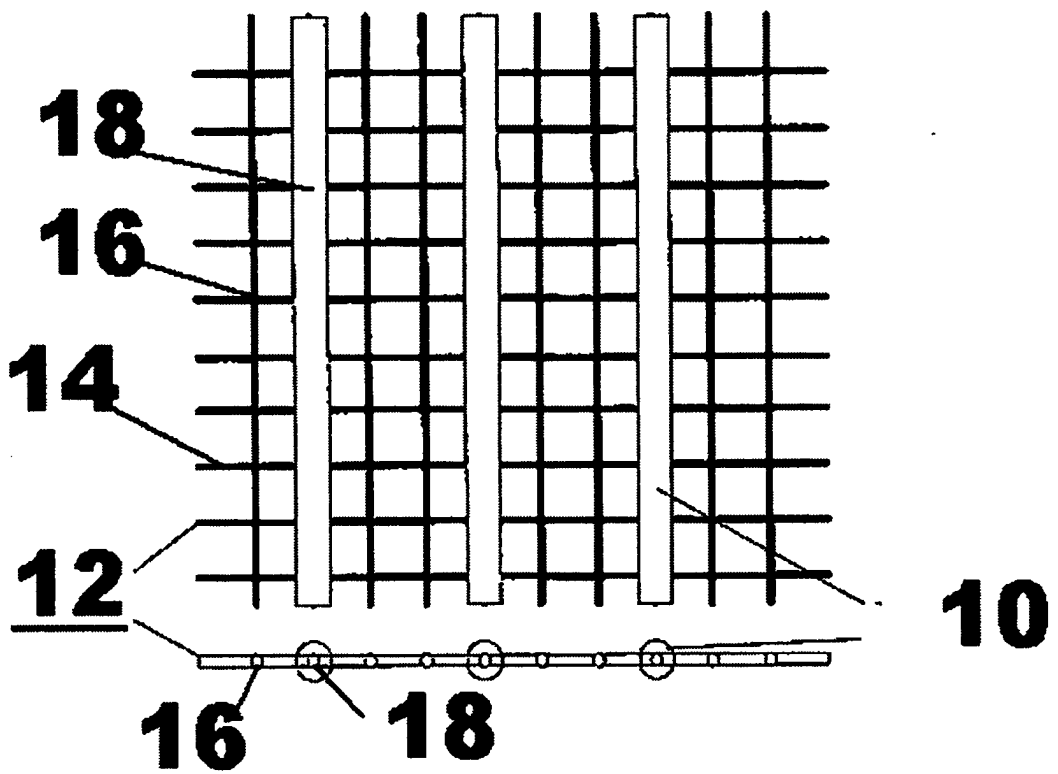


Fig. 2