



PI00140619
PI00140619

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0014061-9

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0014061-9

(22) Data do Depósito: 14/09/2000

(43) Data da Publicação do Pedido: 22/03/2001

(51) Classificação Internacional: H01F 27/34; H01F 17/04; H01F 27/255

(30) Prioridade Unionista: 16/09/1999 CA 2, 282, 636

(54) Título: TRANSFORMADOR E INDUTOR PARA APLICAÇÕES DE BAIXA FREQUÊNCIA USANDO MATERIAIS MAGNÉTICOS DE COMPÓSTOS ISOTRÓPICOS

(73) Titular: SELEM ELECTROTECHNOLOGIES INC., Companhia Canadense. Endereço: 2610 Rue Goselin, Quebec PQ G1P3G1, Canadá (CA). Cidadania: Canadense.

(72) Inventor: PHILIPPE VIAROUGE; JÉRÔME CROS

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 16/06/2015, observadas as condições legais.

Expedida em: 16 de Junho de 2015.

Assinado digitalmente por:

Júlio César Castelo Branco Reis Moreira
Diretor de Patentes



“TRANSFORMADOR E INDUTOR PARA APLICAÇÕES DE BAIXA FREQUÊNCIA USANDO MATERIAIS MAGNÉTICOS DE COMPÓSITOS ISOTRÓPICOS”.

CAMPO TÉCNICO

5 A presente descrição apresenta diversas estruturas de transformadores e indutores, um dos quais está mostrado nas Figs. 1a e 1b usando um núcleo 10 que possui uma simetria cilíndrica (ver Fig. 1c) ao redor de um eixo de revolução principal 11, com enrolamentos 12 - apenas um enrolamento no caso do indutor, embutido no núcleo magnético 10. O
10 enrolamento primário 12 destes transformadores e/ou autotransformadores é conectado diretamente a um suprimento de corrente alternada 13 (ver Fig. 12) com uma frequência operacional na faixa de 50 Hz a 1.000 Hz. A faixa de potência destas aplicações fica entre 1 VA e 10 kVA. Os materiais usados para a realização dos núcleos magnéticos 10 destes dispositivos são materiais
15 isotrópicos de compósito magnético macio, feitos de pó de ferro e resina.

 As estruturas propostas maximizam a relação potência/peso dos dispositivos. Estes dispositivos podem ser usados separadamente ou em associação com retificadores 14 que usam diodos e/ou tiristores e/ou transistores para prover o suprimento de energia que é usado no equipamento
20 contendo circuitos de componentes eletrônicos. Os dispositivos também podem ser usados para construir transformadores de distribuição, transformadores de isolamento e indutores com ou sem perfil reduzido.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

 Desde o final do século 19, materiais magnéticos macios
25 laminados têm sido usados para a construção de transformadores mono ou polifásicos e indutores para aplicações na faixa comercial normal de suprimento de frequência de corrente alternada (de 50 Hz a 1.000 Hz) para uma ampla faixa de potência (de 1 VA a vários kVA). Estas laminações isoladas apresentam interessantes propriedades magnéticas com um alto nível

de indução de saturação (próximo de 1,8T). O isolamento das laminações também permite a minimização das perdas magnéticas, devido ao fluxo magnético estar circulando no plano das laminações (o fluxo está circulando em duas dimensões apenas). As formas do núcleo magnético são, então, impostas por esta restrição e limitadas a uma forma toroidal, e formas em E, C ou I (núcleo em E, núcleo em C ou núcleo em I) e todas as combinações destas topologias.

O custo da montagem destes dispositivos é relativamente alto, devido ao processo de produção precisar de um número importante de etapas, incluindo formação de laminação, puncionamento, montagem e empilhamento, inserção do enrolamento e isolamento, montagem do suporte externo e da placa terminal. Estes transformadores são comercialmente disponibilizados em tamanhos padronizados para cobrir uma larga faixa de potência.

Uma desvantagem do uso de laminação é a geração de um ruído importante audível para os valores normais de frequência dos sistemas de suprimento de CA na faixa de 50 Hz a 1.000 Hz (50, 60 ou 400 Hz, por exemplo), ver patente US 529.051, a favor de Inokuti, Yukio et al., "Method of producing low iron loss grain oriented steel having low noise and superior shape characteristics". O isolamento elétrico entre laminações também reduz, em grandes proporções, a transferência de calor entre as laminações, e a parte principal do calor fica circulando no plano das laminações, ou seja, apenas em duas dimensões. A contribuição do núcleo magnético para a transferência do calor gerado pelas perdas de cobre nos enrolamentos e perdas magnéticas no núcleo para o ambiente é, desse modo, limitada. Nestas estruturas que usam laminações, o aumento de temperatura entre os enrolamentos e as laminações permanece como uma importante limitação em termos de relação potência/peso.

As variações da permeabilidade dos materiais magnéticos

usados nas laminações são muito importantes quando ocorre saturação. É necessário, então, superdimensionar os transformadores e indutores para evitar saturação no caso de variações e voltagem do suprimento de CA. Quando ocorre saturação, a corrente de magnetização pode aumentar em grandes proporções e produzir um aquecimento excessivo dos enrolamentos.

As formas convencionais dos núcleos magnéticos, como núcleos de configurações E, C e I, não maximizam as relações potência/volume e potência/peso dos transformadores e indutores. Nestas estruturas, há campos de dispersão magnética e fluxo de vazamento importantes que circulam no ambiente externo do dispositivo e podem induzir perturbações parasíticas nos circuitos elétricos ou eletrônicos, por exemplo. Em aplicações onde radiação magnética errática do transformador ou do indutor tem que ser eliminada, núcleos magnéticos com uma forma toroidal são geralmente usados (transformadores usados em suprimento de energia e amplificadores de áudio, por exemplo,), ver patente US 3.668.589, a favor de Wilkinson, "Low frequency magnetic core inductor structure". Porém, o processo de enrolamento sobre um tal núcleo é difícil e a transferência do calor gerado por perdas de cobre nos enrolamentos e perdas magnéticas no núcleo para o ambiente, nestes transformadores e indutores, não é eficiente.

Os núcleos magnéticos que apresentam uma simetria cilíndrica ao redor de um eixo de revolução principal com enrolamentos embutidos são os mais adequados para a realização de transformadores e indutores. Nestas estruturas, há um uso ótimo do volume de cobre e um bom acoplamento magnético entre os enrolamentos. A relação potência/peso e a relação potência/volume são maximizadas. Entretanto, é impossível realizar esta forma de núcleo magnético com laminações, pelo fato de, nos núcleos que apresentam uma simetria cilíndrica ao redor de um eixo de revolução principal com enrolamentos embutidos, o fluxo magnético circula em três

dimensões. É necessário usar um material isotrópico magnético macio com uma baixa condutividade elétrica.

Núcleos magnéticos que apresentam uma simetria cilíndrica (núcleo em vaso) já há trinta anos que foram realizados, com materiais isotrópicos magnéticos macios sinterizados de baixa condutividade elétrica, como ferritas para suprimento de potência de alta frequência (20 kHz a 300 kHz), ver patente US 4.602.957, a favor de Pollock et al., "Magnetic powder compacts". As propriedades magnéticas e térmicas destes materiais são isotrópicas e suas perdas magnéticas são minimizadas sobre uma ampla faixa de frequência de até 500 kHz e diversos MHz, ver patente US 4.507.640, a favor de Rich III et al., "High frequency transformer". Diversos distribuidores, como Philips, Siemens etc., já estão oferecendo uma ampla faixa de núcleos de ferrita de tamanho padrão com diferentes formas de núcleos em C, E e I, núcleos toroidais, núcleos ETD e núcleos em vaso, para realizar transformadores e indutores de alta frequência. Entretanto, a baixa frequência, a relação potência/peso dos transformadores e indutores também é proporcional ao valor da indução de saturação do material magnético macio. A indução de saturação de material de ferrita que é relativamente baixa, próximo de 0,4 T, limita o uso deste material a aplicações de baixos valores de frequência usadas nos sistemas de suprimento de CA convencionais, de 50 Hz a 1.000 Hz, por exemplo, 50 Hz, 60 Hz e 400 Hz. O uso de materiais de ferrita é, então, limitado a aplicações de alta frequência. Devido a serem sinterizados, os materiais de ferrita também são frágeis e o tamanho e forma dos núcleos que podem ser realizados são, desse modo, limitados. Por exemplo, devido a estes materiais serem frágeis, não é possível prensar aletas de refrigeração diretamente sobre os núcleos durante a formação.

Outros tipos de materiais magnéticos foram propostos para a realização de transformadores de núcleo em vaso para aplicações de baixa ou

alta frequência, conforme revelado nas patentes US 4.601.765, a favor de Soileau et al., e 4.201.837, a favor de Lupinski. Geralmente, os materiais sinterizados apresentam um alto custo de produção e os núcleos que são propostos não possuem aletas de refrigeração sobre a superfície externa das mesmas para maximizar a relação potência/peso.

Diversos compósitos novos magnéticos macios foram recentemente desenvolvidos no domínio de metalurgia de pó (ATOMET EM-1, de Quebec Metal Powders Inc, por exemplo, ver I. C. Gélinas, L. P Lefebvre, S. Pelletier, P. Viarouge, "Effect of temperature on properties of iron-resin composites for automotive applications", SAE technical paper (7p) 970.421, Eng. Soc. For Advancing Mobility Land Sea Air and Space, Int. Congress Detroit, Michigan, 24-27 de fevereiro de 1997. Nestes materiais magnéticos isotrópicos macios, os flocos de ferro são isolados um do outro por um revestimento de resina. Estes materiais precisam de um processo de prensagem e um tratamento térmico a baixa temperatura. Seus custos de produção são, então, reduzidos. Estes materiais são mais adaptados a aplicações onde uma produção em massa é necessária, a despeito do fato de seus custos de produção por quilograma permanece maior do que o de uma das laminações (aproximadamente, duas vezes maior).

Pelo uso de uma técnica de moldagem, é possível realizar um núcleo de forma complexa em uma única operação. É possível também usar os compósitos magnéticos macios com ferramentas convencionais, enquanto os materiais sinterizados, como ferrita magnético macio, só podem ser retificados com esmeril de diamante.

O uso de compósitos magnéticos macios para aplicações no domínio de baixa frequência, de 50 Hz a 1.000 Hz, ainda não está desenvolvido, devido a estes materiais apresentarem um valor relativamente baixo de permeabilidade em comparação com o valor da permeabilidade de laminações (a permeabilidade relativa dos compósitos magnéticos macios é

próxima de 200 e 1500 para as classes convencionais de laminações).

As perdas magnéticas a 50 Hz e 60 Hz nos compósitos magnéticos macios são maiores do que nos materiais laminados magnéticos macios (próximo de 5 a 15 W/kg a 1,2 T, em vez de 2 W/kg para os materiais magnéticos laminados macios). Porém, a 400 Hz, as perdas magnéticas de alguns compósitos magnéticos macios podem ser duas vezes mais baixa, ver o trabalho técnico acima referido.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

Verificou-se que a despeito do fato de materiais de compósito magnético macios não apresentarem, à primeira vista, características magnéticas interessantes para a realização de transformadores (permeabilidade relativa próximo de 120 a 1,2 T), o uso de núcleos magnéticos feitos de material de compósito isotrópico magnético macio, com uma estrutura apresentando uma simetria cilíndrica ao redor de um eixo de revolução principal com enrolamentos embutidos, pode aumentar as relações de potência/peso e potência/volume em comparação aos transformadores usando uma estrutura de núcleo convencional feita de laminações.

Se a estrutura de núcleo apresentando uma simetria cilíndrica ao redor de um eixo de revolução principal com enrolamentos embutidos for equipada com aletas integradas de refrigeração feitas do próprio material de compósito magnético macio, é possível aumentar a relação potência/peso, devido à superfície externa de dissipação do núcleo e a transferência do calor gerado pelas perdas de cobre e magnética para o ambiente serem aumentadas. Na presente invenção, propomos formar diretamente estas aletas de refrigeração com o próprio material de compósito magnético macio, devido às propriedades mecânicas destes materiais permitirem este tipo de realização durante o processo de prensagem. Estas aletas de refrigeração não precisam de nenhuma outra etapa de fabricação, devido ao fato delas serem prensadas diretamente com o próprio núcleo. Porém, é possível também realizar as

mesmas por usinagem do núcleo após o processo de prensagem. Estes tipos de aletas de refrigeração também são mais eficientes em termos de transferência de calor em comparação com as aletas de alumínio convencionais as quais podem ser fixadas ao núcleo magnético, devido ao

5 fato de não haver resistência térmica de contato entre a estrutura magnética e as aletas.

Deve ser ressaltado que a condutividade térmica dos materiais de compósitos magnéticos macios é similar à condutividade térmica do ferro. Porém, as propriedades térmicas dos materiais de compósitos magnéticos

10 macios também são isotrópicos, e a condutividade térmica apresenta o mesmo valor nas três dimensões. Consequentemente, o aumento de temperatura do enrolamento acima da do ambiente permanece pequeno, sendo assim possível obter projetos com uma redução adicional da massa total do dispositivo. O fluxo magnético também pode circular nas aletas de refrigeração que são uma

15 parte do núcleo magnético, se as aletas forem adequadamente orientadas na direção da circulação do fluxo. As aletas de refrigeração são, então, magneticamente ativas e uma redução adicional da quantidade total de material é obtida. Esta vantagem é importante para a realização dos transformadores monofásicos até 10 kVA.

20 A ausência de ruído audível também é uma vantagem importante de núcleos usados nas aplicações de CA que são feitas com um material de compósito magnético macio. A eliminação dos campos magnéticos de dispersão externa é ainda uma importante vantagem adicional dos núcleos usados nos sistemas de CA que apresentam uma simetria

25 cilíndrica.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

De acordo com um aspecto amplo da presente invenção, é provido um transformador para aplicações de baixa frequência de 50 Hz a 1.000 Hz. O transformador compreende um núcleo possuindo uma simetria

cilíndrica ao redor de um eixo principal de revolução. O núcleo é formado de um material de compósito magnético isotrópico macio de ferro e resina. Enrolamentos são embutidos no núcleo magnético e dispostos ao redor de uma coluna central do núcleo magnético e magneticamente acoplados ao núcleo magnético. O núcleo é formado por seções de núcleo.

De acordo com um aspecto ainda mais amplo adicional da presente invenção, é provido um indutor para aplicações de baixa frequência, CC a 1.000 Hz. O indutor compreende um núcleo possuindo uma simetria cilíndrica ao redor de um eixo principal de revolução. O núcleo é formado de um material de compósito magnético isotrópico macio composto de ferro e resina. Um enrolamento é embutido no núcleo magnético e disposto ao redor de uma coluna central do núcleo magnético e magneticamente acoplado ao núcleo magnético. O núcleo é formado por seções de núcleo.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Um modo de realização preferido da presente invenção será agora descrito com referência aos desenhos anexos, nos quais:

A Fig. 1a é uma vista superior de uma seção de um núcleo magnético construído de acordo com a presente invenção e possuindo uma simetria cilíndrica ao redor de um eixo de revolução principal e uma seção transversal circular da janela de enrolamento e o núcleo magnético;

A Fig. 1b é uma vista lateral da Fig. 1a;

A Fig. 1c é uma vista lateral de uma montagem de duas seções de núcleo das Figs. 1a e 1b;

A Fig. 2a é uma vista lateral do circuito magnético para uma aplicação de indutor, ilustrando um entreferro entre as duas seções do núcleo;

A Fig. 2b é uma outra vista lateral mostrando um entreferro no centro do núcleo;

A Fig. 3a é uma vista de topo ao longo das linhas de seção A-A da Fig. 3b, apresentando um núcleo com uma simetria cilíndrica ao redor

de um eixo principal de revolução e uma seção transversal circular da janela de enrolamento e o núcleo magnético;

A Fig. 3b é uma vista em seção ao longo da linha de seção B-B da Fig. 3a;

5 A Fig. 4a é vista de seção de topo do núcleo magnético visto ao longo das linhas de seção A-A da Fig. 4b, apresentando uma simetria cilíndrica ao redor de um eixo principal de revolução e uma seção transversal retangular, com cantos arredondados, da janela de enrolamento e terminação do núcleo magnético;

10 A Fig. 4b é uma vista em seção ao longo das linhas de seção B-B da Fig. 4a;

A Fig. 5a é uma vista de topo ao longo das linhas de seção A-A da Fig. 5b mostrando o núcleo magnético apresentando uma simetria cilíndrica ao redor de um eixo principal de revolução e uma seção transversal retangular da janela de enrolamento e o núcleo magnético;

15 A Fig. 5b é uma vista em seção ao longo das linhas de seção B-B da Fig. 5a;

A Fig. 6a é uma vista de topo em seção ao longo das linhas de seção A-A da Fig. 6b ilustrando o núcleo magnético apresentando uma simetria cilíndrica ao redor de um eixo principal de revolução, uma seção transversal externa retangular do núcleo e uma seção transversal trapezoidal da janela de enrolamento;

20 A Fig. 6b é uma vista em seção ao longo das linhas de seção B-B da Fig. 6a;

25 A Fig. 7a é uma vista de topo em seção ao longo das linhas de seção A-A da Fig. 7b ilustrando o núcleo magnético apresentando uma simetria cilíndrica ao redor de um eixo principal de revolução, uma seção transversal externa trapezoidal do núcleo e uma seção transversal retangular da janela de enrolamento;

A Fig. 7b é uma vista em seção ao longo das linhas de seção B-B da Fig. 7a;

As Figs. 8a e 8b são vistas lateral e de topo de um núcleo magnético construído de acordo com o desenho da Fig. 1c, mas com o núcleo
5 provido de aletas;

As Figs. 9a e 9b são vistas lateral e de topo, respectivamente, mostrando um núcleo construindo de acordo com o modo de realização da Fig. 4b. Mas com aletas providas ao redor do núcleo;

Figs. 10a e 10b são vistas lateral e de topo, respectivamente,
10 de um núcleo construído de acordo com o modo de realização da Fig. 5b, mas com aletas estendendo-se ao redor da parede lateral do núcleo;

A Fig. 11a é uma vista em seção de topo ao longo das linhas de seção AA do núcleo, como mostrado na Fig. 11b, ilustrando um entalhe formado em cada uma das seções de núcleo;

15 A Fig. 11b é uma vista lateral da Fig. 11a;

A Fig. 11c é uma vista em seção de topo adicional ao longo das linhas de seção A-A da Fig. 11b, mostrando uma pluralidade de entalhes formada no núcleo para reduzir a circulação de correntes parasitas no mesmo;

A Fig. 11d é uma vista lateral do núcleo da Fig. 11c; e

20 A Fig. 12 é um bloco diagrama mostrando uma aplicação do transformador, com um ou diversos enrolamentos secundários, conectado a um circuito retificador e para uso como um suprimento de corrente contínua para componentes eletrônicos.

DESCRIÇÃO DOS MODOS DE REALIZAÇÃO PREFERIDOS

25 A presente descrição apresenta diversas estruturas de transformadores e indutores, uma das quais está mostrada nas Figs. 1a e 1b usando um núcleo 10 que possui uma simetria cilíndrica ao redor de um eixo principal de revolução 11, com enrolamentos 12 - um enrolamento apenas no caso de indutor, embutidos no núcleo magnético 10. O enrolamento primário

12 destes transformadores e/ou autotransformadores é conectado diretamente a um suprimento de CA 13 (ver Fig. 12) com uma frequência operacional na faixa de 50 Hz a 1.000 Hz. A faixa de potência destas aplicações fica entre 1kVA e 10kVA. Os materiais usados para a realização dos núcleos magnéticos 10 destes dispositivos são materiais de compósitos magnéticos macios feitos de pó de ferro e resina.

As estruturas propostas maximizam a relação potência/peso destes dispositivos. Estes dispositivos podem ser usados sozinhos ou em associação com retificadores 14 que usam diodos e/ou tiristores e/ou transistores para prover o suprimento de energia que é usado no equipamento contendo circuitos de componentes eletrônicos. Os dispositivos também podem ser usados para construir transformadores de distribuição, transformadores de isolamento e indutores com ou sem perfil reduzido. Os núcleos 10 são obtidos por um processo de usinagem ou de prensagem de um material de compósito magnético macio composto de ferro e resina.

Com as soluções apresentadas, é possível produzir transformadores 15 e indutores 16 (ver Fig. 12) com uma relação potência/peso maior do que no caso das estruturas clássicas de transformadores e indutores que usam laminações.

Com referência à Fig. 1a a 4b, pode ser visto que as formas das estruturas propostas nesta invenção apresentam uma simetria cilíndrica ao redor de um eixo principal de revolução 11, e o enrolamento ou os enrolamentos 12, 12' são embutidos no núcleo magnético 10. No plano da simetria cilíndrica (um plano passando ao longo do eixo de revolução) a seção transversal da janela de enrolamento 16e o núcleo magnético 10 pode ser retangular (Fig. 5b), circular (Fig. 3b) ou oval (Fig. 4b). Com tal arranjo, é possível obter um bom acoplamento entre os enrolamentos 12, e minimizar os campos magnéticos de dispersão externa, devido ao efeito de blindagem do núcleo magnético 10. O ruído audível também é eliminado, devido a

utilização de um material de composto magnético macio.

O núcleo magnético 10 é feito em duas partes ou seções idênticas 10' e 10'', para simplificar o processo de produção e os enrolamentos 12 e 12' são colocados ao redor da coluna central 17 do núcleo magnético. Um ou dois furos 18 com um diâmetro reduzido podem ser feitos na base ou sobre um lado das duas seções do núcleo 10 para conectarem os fios de saída do enrolamento ou enrolamentos internos aos terminais de saída externos (não mostrados) do transformador ou indutor.

O núcleo magnético 10 de um indutor pode apresentar um entreferro 19 feito pela separação de suas duas seções 10' e 10'' (Fig. 2a) ou pelo uso de uma coluna central e uma concha externa de comprimentos diferentes (Fig. 2b). Neste caso, é preferível fazer um entreferro 19' sobre a coluna central 17 para minimizar os campos magnéticos de dispersão externa. É possível também aumentar o entreferro central para eliminar a coluna central.

As formas da seção transversal da janela de enrolamento e do núcleo no plano da simetria cilíndrica - um plano passando ao longo do eixo de revolução 11, podem ser diferentes.

Com uma seção transversal circular, conforme mostrado nas Figs. 1a a 1c, é possível minimizar a quantidade total de material magnético e reduzir as perdas de ferro, devido à separação das linhas de fluxo ser homogênea e não haver saturação local como nos cantos da janela, conforme mostrado nas Figs. 5a e 5b.

É possível também usar a seção transversal oval ou uma seção transversal retangular com cantos arredondados (Fig. 4b). Esta estrutura de núcleo é mais adaptada ao processo de prensagem dos compostos magnéticos macios do que a estrutura das Figs 5a e 5b, e apresenta as mesmas vantagens.

É também possível usar uma seção transversal trapezoidal da

janela de enrolamento com uma seção transversal externa retangular 20 do núcleo, conforme mostrado na Fig. 6b, ou uma seção transversal retangular da janela de enrolamento 16 com uma seção transversal externa trapezoidal 21 do núcleo, conforme mostrado na Fig. 7b. Estas estruturas de núcleo minimizam a quantidade total de material magnético, mas não tão perfeitamente como a estrutura das Figs. 1a a 1c.

Todos os núcleos propostos 10 das Figs. 1a a 7b podem ser obtidos com diferentes valores do fator forma (relação entre a altura e o diâmetro externo do núcleo) para ficarem adaptados a restrições específicas das aplicações. Transformadores ou indutores de perfil reduzido podem ser feitos facilmente com um baixo custo de produção, devido ao uso de compósitos de ferro-resina magnéticos macios. Por exemplo, indutores e transformadores de perfil reduzido são bem adaptados para a implementação sobre placas eletrônicas em bandejas com um intervalo limitado entre as placas, conforme discutido na patente US 5.175.525.

Com referência às Figs. 8a a 10b, e de modo a otimizar a transferência de calor e maximizar a relação a potência/peso do transformador ou indutor, é preferível adicionar aletas de refrigeração 22 sobre o núcleo 10. A solução particular apresentada nesta invenção consiste na realização direta das aletas de refrigeração 22 sobre a superfície externa 23 do dispositivo, pelo uso do próprio material magnético. Estas aletas de refrigeração 22 são formadas integralmente na estrutura do núcleo 10 e, consequentemente, são feitas em uma única operação durante o processo de prensagem. A condutividade térmica do material de compósito magnético macio é elevada e a transferência de calor do enrolamento 12, ou dos enrolamentos 12' e 12'' e o núcleo 10 para o ambiente é eficiente. É possível também maximizar o uso do material magnético das aletas de refrigeração para permitir a circulação do fluxo magnético nas mesmas. Com este arranjo, o volume de material magnético macio é ainda mais reduzido. Neste caso, as

aletas 22 têm que ser orientadas na direção da circulação de fluxo magnético. As aletas 22 podem ser feitas sobre toda a superfície externa do núcleo 10, ou apenas sobre uma parte desta superfície, ver, por exemplo, a estrutura das Figs. 10a e 10b. Está representada sem aletas sobre as superfícies horizontais 23', mas é também possível colocar aletas sobre estas superfícies 23'. Pode-se notar nas estruturas dos núcleos 10, apresentadas nesta invenção, que as direções ótimas de orientações de aleta estão sempre nos mesmos planos da simetria cilíndrica - um plano passando ao longo do eixo de revolução 11. O uso destas aletas de refrigeração 22 permite uma melhora crescente da relação potência/peso proporcional à potência do dispositivo.

Com referência agora às Figs. 11a a 11d, deve ser ressaltado que, quando a condutividade elétrica do material de composto magnético macio usado for relativamente elevada, é necessário realizar um ou diversos entalhes 24 com uma espessura reduzida para reduzir a circulação de correntes parasitas no núcleo e minimizar as perdas magnéticas. Pode ser notado que os planos 25 dos entalhes 24 têm que ser planos da simetria cilíndrica - planos passando ao longo do eixo de revolução 11.

As estruturas clássicas de transformadores e indutores trifásicos, com três colunas, são feitas com núcleos E. Há um ou diversos enrolamentos sobre cada coluna que correspondem a uma fase do suprimento de corrente trifásica. Com a estrutura de três colunas, os enrolamentos de fase são acoplados magneticamente. Transformadores e indutores trifásicos podem ser feitos pelo uso de três núcleos diferentes (um núcleo por fase) com as estruturas descritas nesta invenção. Com tal arranjo, os enrolamentos de fase podem ser magneticamente isolados se os núcleos forem separados entre si por entreferros, ou magneticamente acoplados, se referidos núcleos forem diretamente empilhados um sobre o outro. É possível também colocar os núcleos individuais com um deslocamento de fase espacial de 120 graus, para obter-se um acoplamento simétrico dos enrolamentos de fase.

Indutores monofásicos, com entreferros distribuídos, também podem ser feitos por empilhamento de vários núcleos com a forma do núcleo das Fig. 2a e/ou 2b que possuem um entreferro 19 e 19' de largura reduzida. Devido a cada núcleo 10 ter um entreferro 19 de largura reduzida, as perdas de cobre geradas pelo efeito de proximidade nas regiões de enrolamento 16, próximas aos entreferros 19, são reduzidas.

Quando um transformador é efetuado de acordo com a presente invenção e um material magnético de compósito macio está em associação com um ou mais retificadores 14, usando diodos 14' e/ou tiristores e/ou transistores, ver Fig. 12, a norma IEC-555-2, sobre a injeção de harmônicas de corrente no suprimento de CA, é satisfeita, devido ao conteúdo da harmônica da corrente de magnetização e sua amplitude serem relativamente baixas.

Encontra-se no escopo da presente invenção cobrir qualquer modificação óbvia do modo de realização preferencial aqui descrito, provido que estas modificações estejam no escopo das reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Transformador para aplicações de baixa frequência usando materiais magnéticos de compósitos isotrópicos, para aplicações de baixa frequência na faixa de 50 Hz até 1.000 Hz, compreendendo um núcleo (10) que
5 tem uma simetria cilíndrica ao redor de um eixo de revolução principal (11),
caracterizado pelo fato de o núcleo ser formado de um material magnético de compósito isotrópico macio composto de ferro e resina, o núcleo incluindo aletas de refrigeração integradas (22) compreendendo o tal material magnético de compósito isotrópico macio projetando-se a partir de uma superfície externa (23)
10 do núcleo, onde enrolamentos (12) são encerrados no núcleo e magneticamente acoplados com o núcleo (10).

2. Transformador de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o núcleo (10) é formado por seções de núcleo (10', 10'').

3. Transformador de acordo com a reivindicação 1, caracterizado
15 pelo fato de que as aletas (22) são formadas integralmente com o núcleo durante a prensagem do núcleo em um processo de operação única.

4. Transformador de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as aletas (22) são usinadas no núcleo em uma operação de usinagem.

20 5. Transformador de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as aletas (22) são orientadas em uma direção de circulação de fluxo magnético do núcleo e em planos da simetria cilíndrica passando através do eixo de revolução (11).

6. Transformador de acordo com a reivindicação 1, caracterizado
25 pelo fato de que o núcleo define uma janela de enrolamento (16) que possui uma seção transversal circular num plano da simetria cilíndrica passando através do eixo de revolução (11).

7. Transformador de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o núcleo define uma janela de enrolamento (16) que possui uma

seção transversal oval em um plano da simetria cilíndrica passando através do eixo de revolução (11).

5 8. Transformador de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o núcleo define uma janela de enrolamento (16) que possui uma seção transversal retangular, com ou sem os cantos arredondados, num plano da simetria cilíndrica passando através do eixo de revolução (11).

10 9. Transformador de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o núcleo define uma janela de enrolamento (16) que possui uma seção transversal trapezoidal, com ou sem os cantos arredondados, num plano da simetria cilíndrica passando através do eixo de revolução (11).

10. Transformador de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que é um transformador polifásico formado por empilhamento de núcleos de cada fase, face a face, ou com entreferros de separação (19, 19').

15 11. Transformador de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o núcleo (10) é provido com um ou mais entalhes (24) colocados em planos da simetria cilíndrica passando através do eixo de revolução (11) para reduzir correntes parasitas.

20 12. Transformador de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o transformador (15) é suprido com correntes alternadas (CA) numa faixa de 50 Hz a 1.000 Hz, e com vibrações não magneticamente induzidas naquele material magnético.

13. Transformador de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o transformador (15) é usado em transformadores em suprimento de energia de equipamentos de áudio.

25 14. Indutor para aplicações de baixa frequência usando materiais magnéticos de compósitos isotrópicos para aplicações de baixa frequência na faixa de 50 Hz até 1.000 Hz, compreendendo um núcleo (10) que tem uma simetria cilíndrica ao redor de um eixo de revolução principal (11), caracterizado pelo fato de o núcleo ser formado de um material magnético de compósito isotrópico macio

composto de ferro e resina, o núcleo incluindo aletas de refrigeração integradas (22) compreendendo aquele material magnético de compósito isotópico macio projetando-se a partir de uma superfície externa (23) do núcleo, e em que um enrolamento (12) é encerrado no núcleo e disposto ao redor de uma coluna central (17) do núcleo e magneticamente acoplado com o núcleo (10).

15 15. Indutor de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o núcleo (10) é provido com um ou mais entreferros (19, 19'), o núcleo com duas seções de núcleo, e os ditos entreferros sendo formados separando-se as duas seções ou usando-se uma coluna central e uma camisa externa de
10 comprimentos diferentes.

16. Indutor de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o núcleo (10) é formado por seções de núcleo (10', 10'').

17. Indutor de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que as aletas (22) são formadas integralmente com o núcleo durante a
15 prensagem do núcleo em um processo de operação única.

18. Indutor de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que as aletas (22) são usinadas no núcleo em uma operação de usinagem.

19. Indutor de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que as aletas (22) são orientadas numa direção de circulação de fluxo
20 magnético do núcleo e em planos da simetria cilíndrica passando através do eixo de revolução (11).

20. Indutor de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o núcleo define uma janela de enrolamento (16) que possui uma seção transversal circular em um plano da simetria cilíndrica passando através do eixo de
25 revolução (11).

21. Indutor de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o núcleo define uma janela de enrolamento (16) que possui uma seção transversal oval em um plano da dita simetria cilíndrica passando através do eixo de revolução (11).

22. Indutor de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o núcleo define uma janela de enrolamento (16) que possui uma seção transversal retangular, com ou sem os cantos arredondados, num plano da simetria cilíndrica passando através do eixo de revolução (11).

5 23. Indutor de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o núcleo define uma janela de enrolamento (16) que possui uma seção transversal trapezoidal, com ou sem os cantos arredondados, num plano da simetria cilíndrica passando através do eixo de revolução (11).

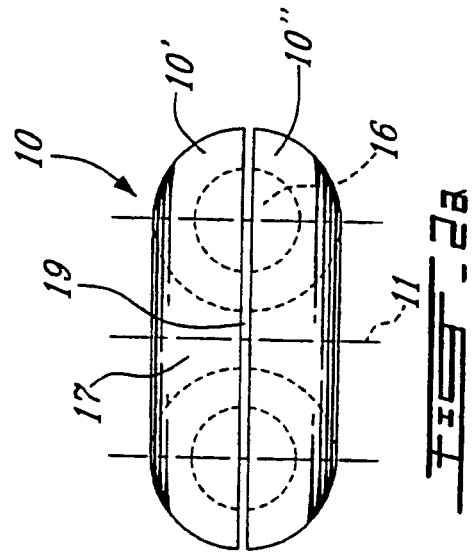
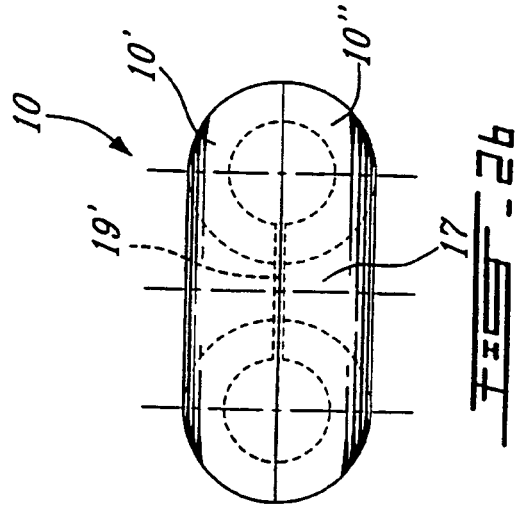
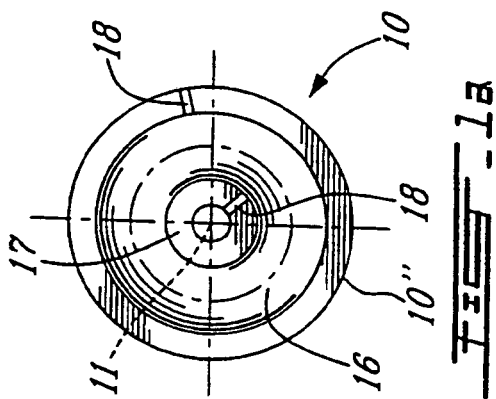
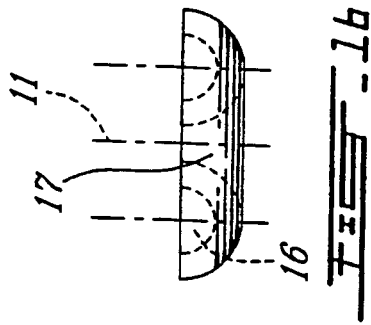
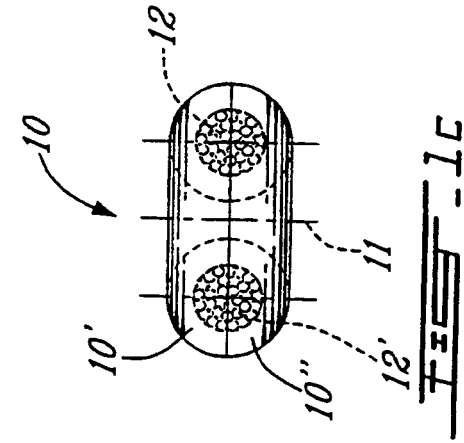
10 24. Indutor de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o indutor é um indutor polifásico formado por empilhamento de núcleos de cada fase, face a face, ou com entreferros de separação (19, 19').

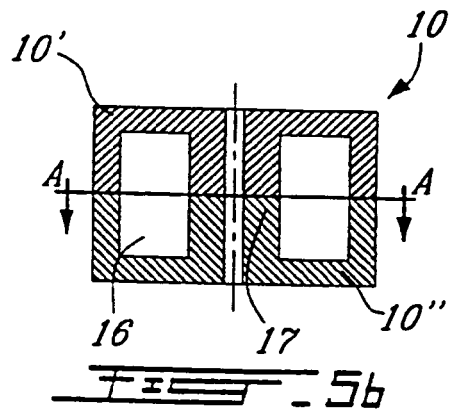
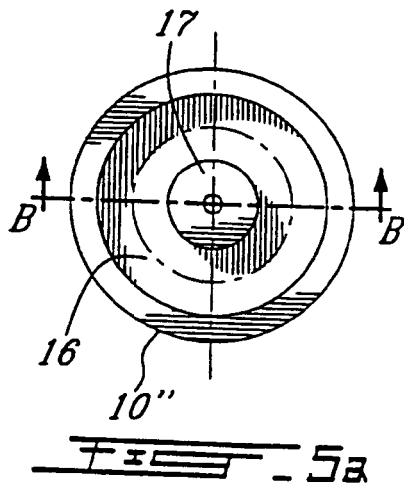
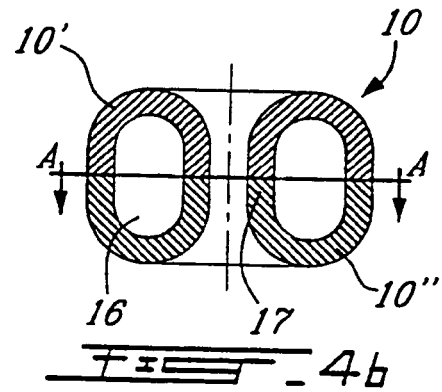
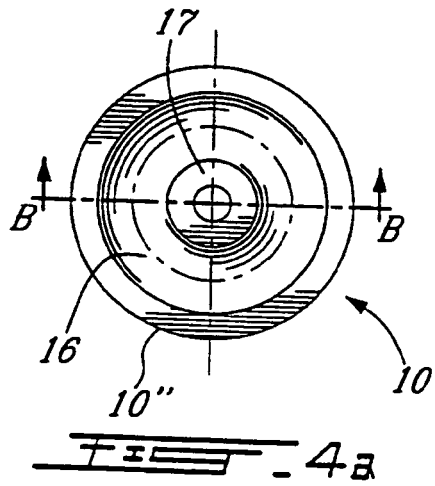
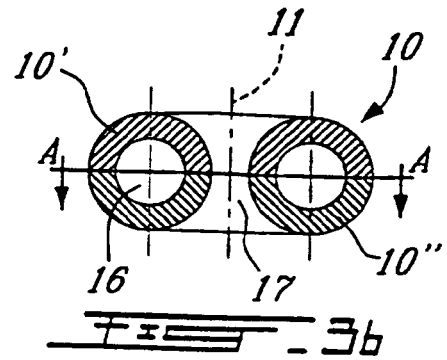
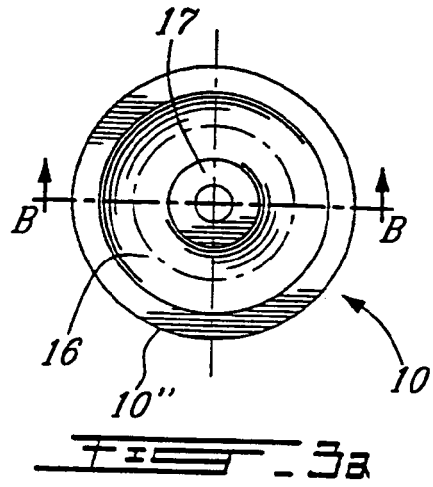
15 25. Indutor de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o mencionado núcleo (10) é provido com um ou mais entalhes (24) colocados em planos da simetria cilíndrica passando através do eixo de revolução (11) para reduzir correntes parasitas.

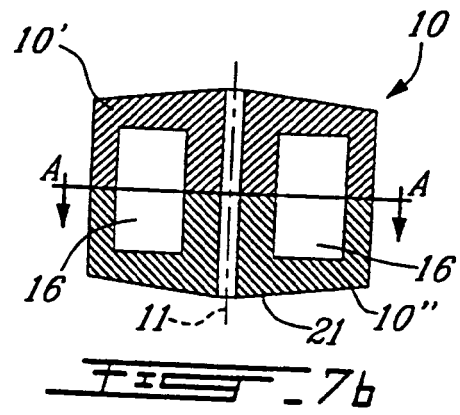
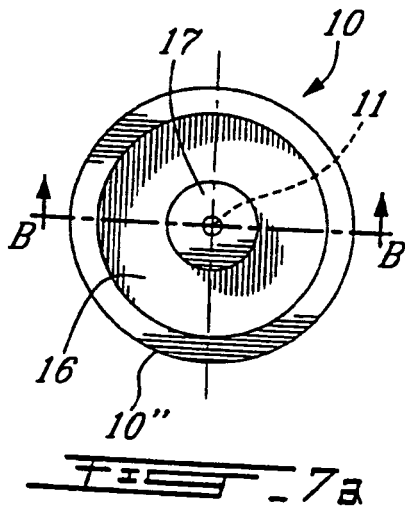
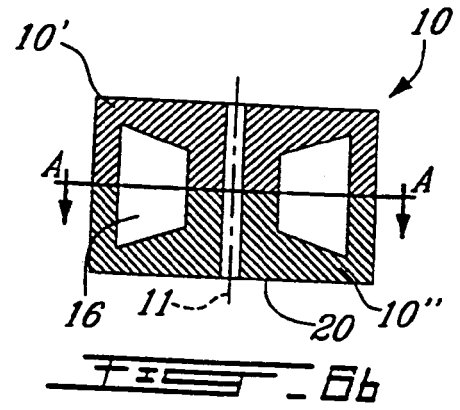
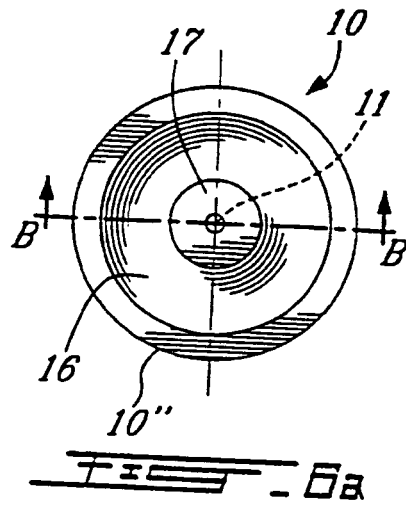
26. Indutor de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o indutor (16) é suprido com correntes alternadas em uma faixa de 50 Hz a 1.000 Hz, e com vibrações não magneticamente induzidas naquele material magnético.

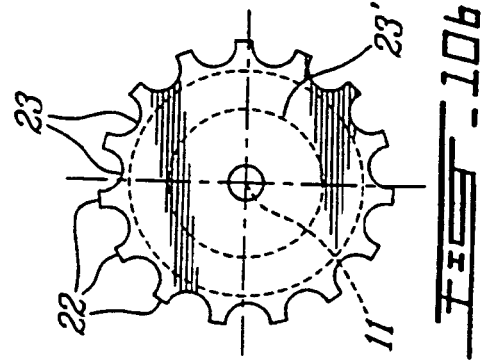
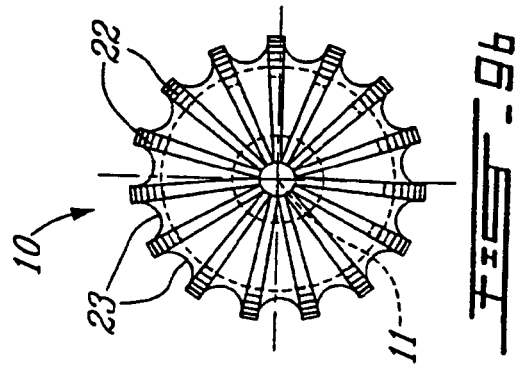
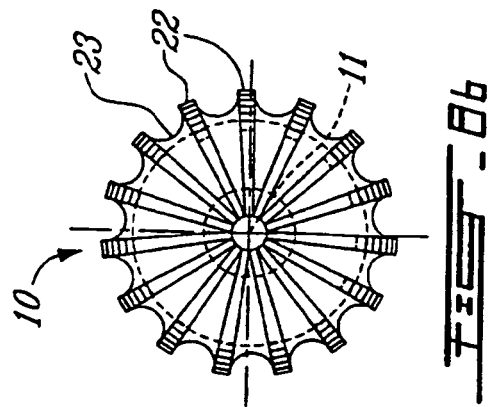
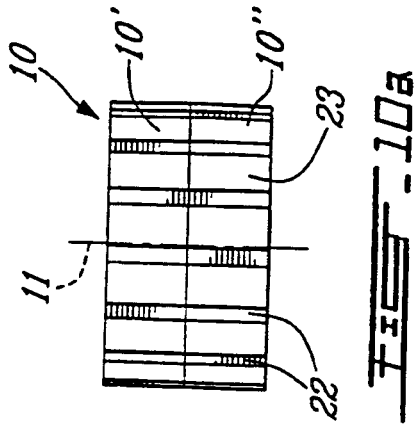
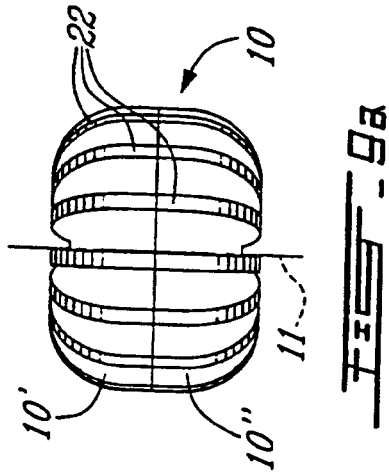
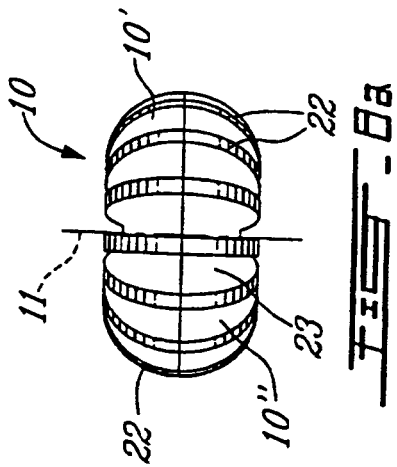
20 27. Indutor de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que perdas no cobre geradas por um efeito de proximidade no enrolamento (12) são minimizadas quando diversos indutores individuais que possuem um entreferro são empilhados.

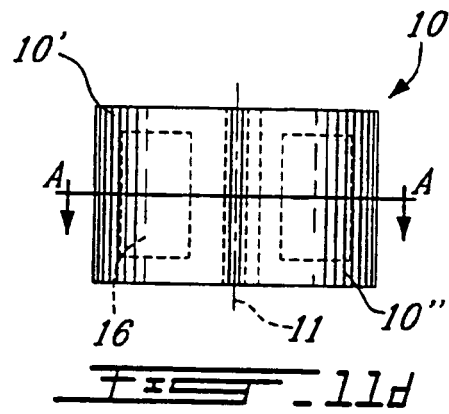
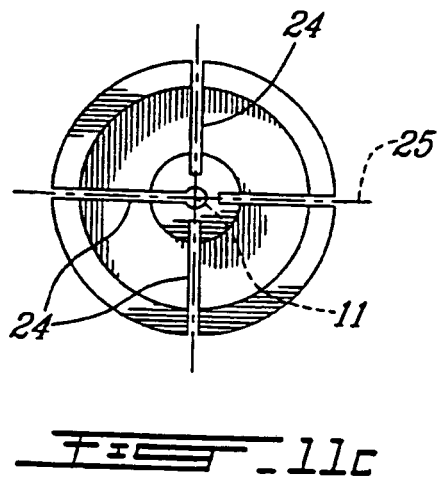
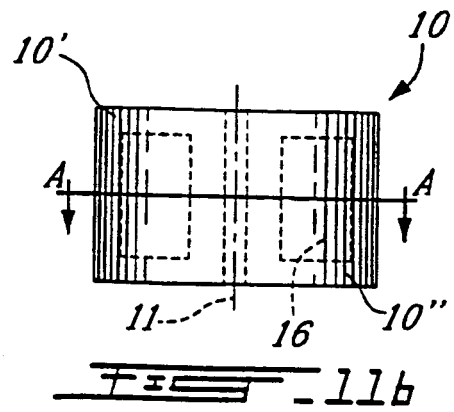
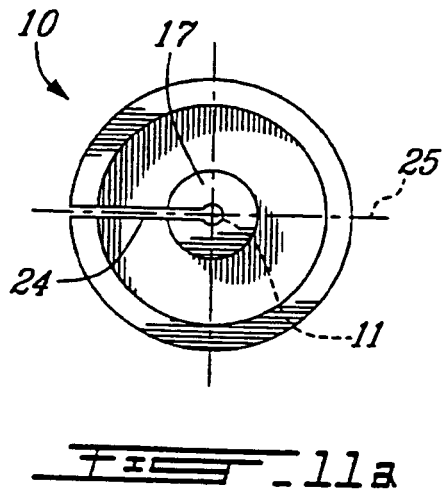
25 28. Indutor de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o indutor (16) é suprido com correntes alternadas em uma faixa de CC a 1.000 Hz, e com vibrações não magneticamente induzidas naquele material magnético.

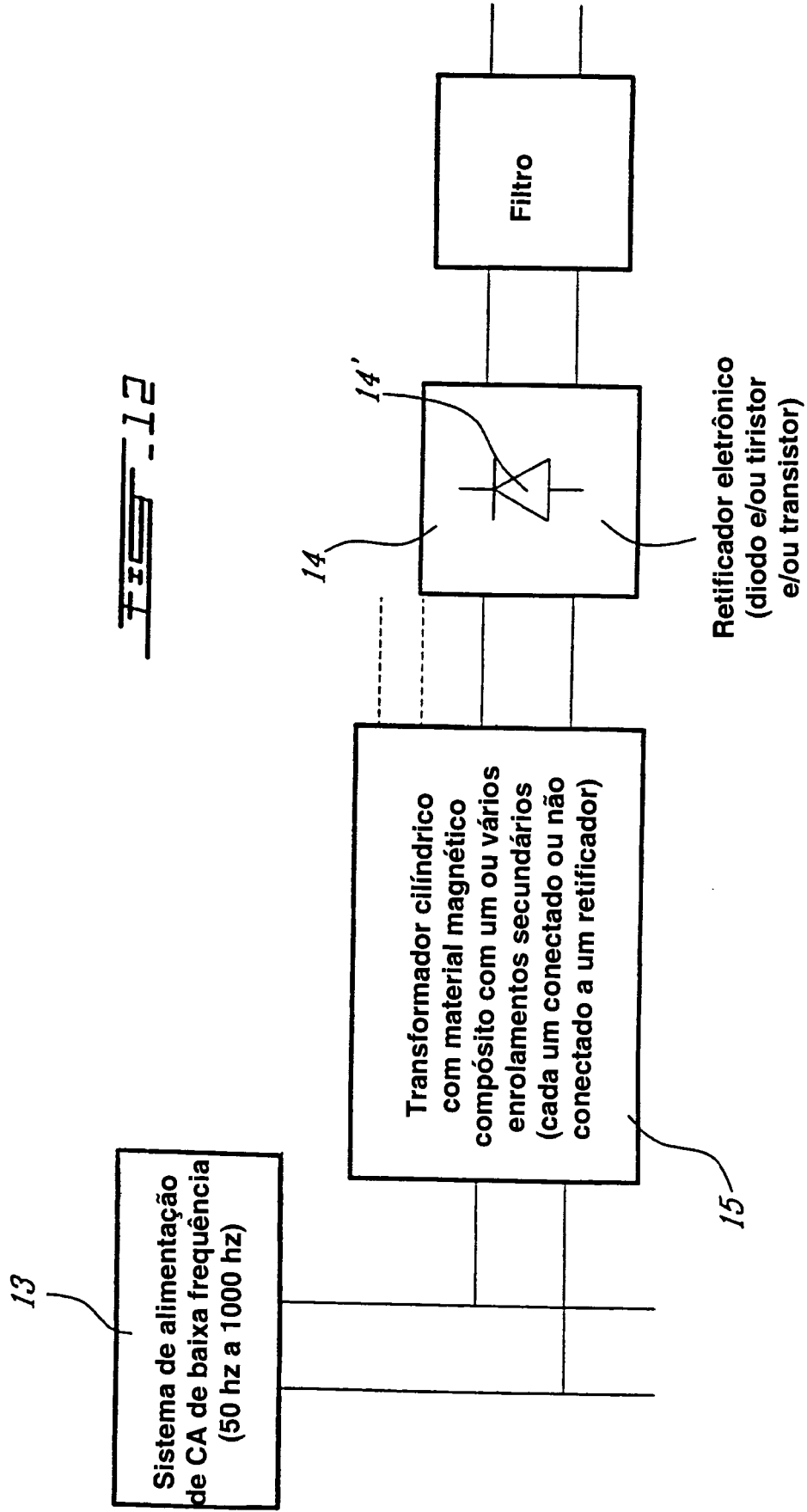












RESUMO

“TRANSFORMADOR E INDUTOR PARA APLICAÇÕES DE BAIXA FREQUÊNCIA USANDO MATERIAIS MAGNÉTICOS DE COMPÓSITOS ISOTRÓPICOS”.

- 5 Um transformador para aplicações de baixa frequência, de 50 Hz até 1.000 Hz, é descrito. O transformador (15) compreende um núcleo (10) que possui uma simetria cilíndrica ao redor de um eixo de revolução principal (11). Tal núcleo é formado de um material magnético de compósito isotrópico macio composto de ferro e resina. Enrolamentos (12) são encerrados no referido núcleo
- 10 magnético e dispostos ao redor de uma coluna central (17) do núcleo magnético e magneticamente acoplados com o núcleo magnético. O núcleo é formado por seções de núcleo (10', 10''). Um indutor para aplicações de baixa frequência, de CC até 1.000 Hz, de construção similar, também é descrito, indutor (16) esse que compreende um núcleo (10) tendo uma simetria cilíndrica ao redor de um eixo
- 15 de revolução principal (11). Tal núcleo é formado de um material magnético de compósito isotrópico macio composto de ferro e resina. Um enrolamento (12) é encerrado no núcleo magnético e disposto ao redor de uma coluna central (17) do núcleo magnético e magneticamente acoplado com o núcleo magnético. O núcleo é formado por seções de núcleo (10', 10'').