



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0822749-7 B1



(22) Data do Depósito: 05/11/2008

(45) Data de Concessão: 14/01/2020

(54) Título: NÚCLEO MAGNÉTICO PARA SENSORES DE CORRENTE ELÉTRICA

(51) Int.Cl.: H01F 27/24.

(30) Prioridade Unionista: 03/06/2008 KR 10-2008-0051988.

(73) Titular(es): AMOGREENTECH CO., LTD..

(72) Inventor(es): YONG SUL SONG; JIN TAEK NAM; DONG WOOK JANG.

(86) Pedido PCT: PCT KR2008006510 de 05/11/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/148207 de 10/12/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 02/12/2010

(57) Resumo: NÚCLEO MAGNÉTICO PARA SENSORES DE CORRENTE ELÉTRICA É provido um núcleo magnético com uma faixa apropriada de permeabilidade e uma alta densidade de fluxo magnético, desse modo, sendo configurado para ter uma pequena diferença de fase e um pequeno tamanho. O núcleo magnético pode ser usado para sensores de corrente elétrica. O núcleo magnético é feito de uma liga amorfa com uma composição representada pela fórmula geral: FeaCobSicBd , em que a até d são % atômicos e números que satisfazem $50=a=80$, $3=b=30$, $6=c=10$ e $10=d=20$, respectivamente, em que no caso de uma condição de tratamento térmico que incorpora o núcleo magnético para sensores de corrente elétrica, uma temperatura de tratamento térmico é de 200 até 600 °C, e um tempo de tratamento térmico é de 20 até 1.000 minutos, e a intensidade de um campo magnético aplicado é de 100 até 6.000 Gauss, e em que a liga amorfa tem uma densidade de fluxo magnético de 1,2 T até 1,7 T e uma permeabilidade de um valor de 1.400 até 3.000.

“NÚCLEO MAGNÉTICO PARA SENSORES DE CORRENTE ELÉTRICA”

CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] Esta invenção diz respeito a um núcleo magnético para sensores de corrente elétrica e, mais particularmente, a um núcleo magnético para sensores de corrente elétrica nos quais o núcleo magnético tem uma faixa apropriada de permeabilidade e uma alta densidade de fluxo magnético, desse modo, sendo configurado para ter uma pequena diferença de fase e um pequeno tamanho.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[0002] Sensores de corrente elétrica são dispositivos para detectar corrente elétrica pela conversão de alta corrente elétrica em baixa corrente elétrica, a fim de controlar ou monitorar alta corrente elétrica. Neste caso, uma razão de corrente elétrica de um sensor de corrente elétrica é inversamente proporcional ao número de bobinas de enrolamento primárias e secundárias. Por exemplo, no caso em que o número de voltas de uma bobina de enrolamento primária de um sensor de corrente elétrica é um e o número de voltas de uma bobina de enrolamento secundária do sensor de corrente elétrica for 2.500, uma corrente elétrica de 40 mA pode ser obtida no lado secundário do sensor de corrente elétrica em relação a uma corrente elétrica de 100 A no lado primário do sensor de corrente elétrica.

[0003] Recentemente, uma fonte de energia elétrica principal com uma frequência de 50Hz ou 60Hz, que é suprida em domicílios individuais ou em campos industriais, inclui componentes CC e componentes CA. O motivo pelo qual a fonte de energia elétrica principal que inclui os componentes CC e os componentes CA é aplicada no sensor de corrente elétrica é resolver um problema em que uma precisão cai, em virtude de ser difícil medir precisamente a forma de onda distorcida do sinal de meia onda detectado a partir dos componentes CA no momento da medição da corrente elétrica.

Desta maneira, a fonte de energia elétrica principal que é aplicada no sensor de corrente elétrica inclui componentes CC, além dos componentes CA.

[0004] Entretanto, o sensor de corrente elétrica no qual componentes CA que aparecem como uma onda senoidal são aplicados pode ficar mais rapidamente saturado mesmo em uma pequena quantidade de componentes CC. Em decorrência disto, é difícil para que o sensor de corrente elétrica meça apropriadamente a corrente elétrica. Assim, um sensor de corrente elétrica para uso em medidores de energia do padrão IEC com uma precisão de uma dada quantidade ou menos (por exemplo, 3 % ou menos) é exigido mesmo se componentes CC forem incluídos em componentes CA.

[0005] É bem conhecido que um momento em que uma densidade de fluxo magnético, que é induzida de acordo com a intensidade de um campo magnético que é aplicado em um núcleo magnético, fica saturada muda dependendo do material do núcleo magnético. Em outras palavras, uma característica de saturação para componentes CC e CA da corrente elétrica mostra-se diferentemente de acordo com o material do núcleo magnético.

[0006] No geral, se uma densidade de fluxo magnético for alta, a intensidade de um campo magnético aplicado que fica saturado é alta. Desta maneira, magnitudes dos componentes CC e CA da corrente elétrica que flui em uma corrente elétrica primária se tornam altas. Uma inclinação em uma curva de uma densidade de fluxo magnético por uma intensidade do campo magnético aplicado (chamado de um laço B-H) é chamada de uma permeabilidade. Ao contrário, se uma permeabilidade for baixa, uma intensidade do campo magnético aplicado exigida para saturação de uma densidade de fluxo magnético aumenta.

[0007] Entretanto, se uma permeabilidade diminuir, uma intensidade do campo magnético aplicado aumenta. Neste caso, uma diferença de fase entre as correntes elétricas primária e secundária, que são importantes em um medidor de watt-hora, se torna grande. Desta maneira, a carga de um circuito

eletrônico e de um processo de software aumenta, a fim de compensar a diferença de fase.

[0008] Por outro lado, se uma diferença de fase diminuir pelo aumento de uma permeabilidade, a magnitude dos componentes CC de uma corrente elétrica diminui pelo aumento em uma taxa de permeabilidade. Há um método de aumento de um trajeto do fluxo magnético de um núcleo magnético como um outro método de aumento de uma permeabilidade e de uma área de uso em relação aos componentes CC da corrente elétrica.

[0009] Um volume de um núcleo magnético pode ser expressado como um produto de um trajeto do fluxo magnético médio de um núcleo magnético por uma área seccional do núcleo magnético. Aqui, pode-se ver que, se um trajeto do fluxo magnético médio de um núcleo magnético aumentar, o volume do núcleo magnético aumenta e o peso do núcleo magnético também aumenta.

[00010] Para terminar, a magnitude de uma densidade de fluxo magnético deve ser tão alta quanto possível, a fim de diminuir uma diferença de fase de um sensor de corrente elétrica e, simultaneamente, aumentar uma área de uso em relação aos componentes CC da corrente elétrica. Além do mais, a fim de impedir que a magnitude do núcleo magnético aumente desnecessariamente, percebe-se que uma permeabilidade deve ter um valor em uma faixa pré-determinada.

[00011] De acordo com uma necessidade como esta, foi proposta uma tecnologia de fabricação de um sensor de corrente elétrica pelo uso de um núcleo magnético feito de ligas nanocristalinas com base em Fe e de ligas amorfas com base em Co, a fim de resolver um problema de um fenômeno de saturação que acontece no caso em que componentes CC são incluídos em componentes CA.

[00012] Por exemplo, um núcleo magnético para sensores de corrente elétrica é divulgado na Publicação de Patente Européia Aberta 1 840 906, em

que o núcleo magnético é manufaturado pelo uso de ligas nanocristalinas com base em Fe e uma permeabilidade do núcleo magnético é de cerca de 2.500 até 3.000, e uma densidade de fluxo magnético deste é de 1,2 T ou maior. Entretanto, o sensor de corrente elétrica inclui cobre (Cu) como um componente essencial, a fim de obter microestruturas com partículas nanocristalinas. Portanto, embora uma quantidade de cobre seja limitada, a fragilidade do material de um núcleo magnético aumenta, isto é, o núcleo magnético é frágil. Em decorrência disto, é difícil remover perfeitamente um problema do tratamento do núcleo magnético. Adicionalmente, é difícil controlar uma variável do processo no momento do tratamento térmico de cristalização para obter partículas nanocristalinas. Ainda adicionalmente, há um problema em que a intensidade de um campo magnético que é aplicado no momento do tratamento térmico do campo magnético é definida excessivamente alta.

[00013] Além do mais, um núcleo magnético para sensores de corrente elétrica é divulgado na Patente US 6.565,411, em que o núcleo magnético é manufaturado pelo uso de ligas nanocristalinas com base em Co e uma permeabilidade do núcleo magnético é de cerca de 1.000 até 1.900, e uma densidade de fluxo magnético deste é de aproximadamente 0,85 T até 1,0 T. Entretanto, há problemas em que o núcleo magnético com base em Co é feito de cobalto (Co), que é oneroso, como uma matéria-prima principal e uma densidade de fluxo magnético obtida é muito baixa.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

PROBLEMA TÉCNICO

[00014] Para resolver os problemas expostos, é um objetivo da presente invenção prover um núcleo magnético para sensores de corrente elétrica em que o núcleo magnético não pode apenas aumentar uma área de uso em relação aos componentes CC, embora ligas amorfas com base em Fe econômicas sejam usadas como um material do núcleo magnético, mas,

também, uma diferença de fase é pequena e uma densidade de fluxo magnético é muito alta.

SOLUÇÃO TÉCNICA

[00015] Para alcançar o objetivo exposto da presente invenção de acordo com um aspecto da presente invenção, é provido um núcleo magnético para sensores de corrente elétrica, o núcleo magnético feito de uma liga amorfa com uma composição representada pela fórmula geral: $\text{Fe}_a\text{M}_b\text{Si}_c\text{B}_d\text{M}'_e$, em que M é pelo menos um elemento que é selecionado a partir de Ni e Co e M' é Cr, e a até e são % atômica e números que satisfazem $30 \leq a \leq 80$, $1 \leq b \leq 50$, $0,1 \leq c \leq 20$, $0,1 \leq d \leq 20$ e $0 \leq e \leq 10$, respectivamente, e em que a liga amorfa tem uma densidade de fluxo magnético de 1,2 T até 1,7 T e uma permeabilidade de 1.000 até 4.000.

[00016] Preferivelmente, mas não necessariamente, o elemento M é limitado a apenas Ni, em vez de Co, considerando um custo de manufatura do núcleo magnético, em cujo caso a até e são % atômica e números que satisfazem $50 \leq a \leq 80$, $3 \leq b \leq 30$, $6 \leq c \leq 10$, $10 \leq d \leq 20$ e $0 \leq e \leq 5$, respectivamente, desse modo, obtendo o núcleo magnético para sensores de corrente elétrica com características magnéticas desejadas.

[00017] Preferivelmente, mas não necessariamente, no caso em que o elemento M é limitado a apenas Co, em vez de Ni, o núcleo magnético para sensores de corrente elétrica tem uma alta densidade de fluxo magnético de saturação, devido às excelentes propriedades magnéticas do Co. Também, há uma vantagem em que Cr pode não ser adicionado separadamente, devido a uma excelente propriedade de resistência à corrosão do Co.

[00018] Preferivelmente, mas não necessariamente, no caso de uma condição de tratamento térmico que incorpora o núcleo magnético para sensores de corrente elétrica de acordo com a presente invenção, uma temperatura de tratamento térmico é de 200 até 600 °C, e um tempo de tratamento térmico é de 20 até 1.000 minutos, e a intensidade de um campo

magnético aplicado é de 100 até 6.000 Gauss.

[00019] Preferivelmente, mas não necessariamente, o núcleo magnético para sensores de corrente elétrica de acordo com a presente invenção é uma liga compósita que compreende Fe, Si e B, e uma diferença de fase entre as correntes elétricas primária e secundária do núcleo magnético para sensores de corrente elétrica tem um valor de 10° ou abaixo.

[00020] Preferivelmente, mas não necessariamente, nesta invenção, o núcleo magnético para sensores de corrente elétrica compreende Fe como um componente principal, no qual Si e B, que são bem conhecidos como elementos de formação amorfa, são adicionados, para, desta maneira, empregar uma liga de três elementos de Fe-Si-B que é adequada para manufatura de uma fita amorfa com base em Fe.

[00021] Preferivelmente, mas não necessariamente, o elemento M é selecionado a partir de Co e Ni, que são elementos ferromagnéticos, para melhorar as características magnéticas do núcleo magnético, para, desse modo, controlar uma permeabilidade do núcleo magnético amorfo com base em Fe em uma faixa ideal e, simultaneamente, aumentar uma densidade de fluxo magnético de saturação. Neste ínterim, preferivelmente, mas não necessariamente, nesta invenção, um elemento Cr, que desempenha um importante papel de aumentar uma propriedade de resistência à corrosão da liga amorfa, é adicionado como o elemento M'.

[00022] Se os componentes e as composições dos respectivos elementos selecionados na liga para o núcleo magnético estiverem além das faixas pré-determinadas, as características magnéticas ou características mecânicas desejadas, bem como a permeabilidade e a densidade de fluxo magnético, não podem ser satisfeitas.

[00023] O núcleo magnético desta invenção tem uma permeabilidade de um valor de 1.000 até 4.000, preferivelmente, 1.400 até 3.000. Aqui, se a permeabilidade for muito baixa, a diferença de fase entre as correntes elétricas

primária e secundária é, de forma indesejável, excessivamente grande. Ao contrário, se a permeabilidade for muito alta, a densidade de fluxo magnético para componentes CC da corrente elétrica fica precocemente saturada. Desta maneira, já que o tamanho do núcleo magnético deve ser ampliado, a fim de garantir suficientemente uma área de uso como um sensor de corrente elétrica, é indesejável fazer com que o núcleo magnético tenha a permeabilidade muito alta.

[00024] Para reduzir o tamanho do sensor de corrente elétrica, é desejável usar um núcleo magnético com uma alta densidade de fluxo magnético. Nesta invenção, a densidade de fluxo magnético do núcleo magnético para os sensores de corrente elétrica tem um valor muito alto de aproximadamente 1,7 T no máximo.

EFEITOS VANTAJOSOS

[00025] Da forma supradescrita, um núcleo magnético para sensores de corrente elétrica que é fabricado a partir de ligas amorfas com base em Fe de acordo com esta invenção tem uma vantagem em um processo de manufatura que não necessita de um processo de tratamento térmico de cristalização que é um pós-processo, diferente de um núcleo magnético que é feito de ligas nanocristalinas com base em Fe. Além do mais, o núcleo magnético para sensores de corrente elétrica que é fabricado a partir de ligas amorfas com base em Fe de acordo com esta invenção, tem uma faixa apropriada de permeabilidade e uma alta densidade de fluxo magnético. Desta maneira, embora componentes CC sejam incluídos na corrente elétrica primária que é aplicada em uma bobina de enrolamento primária, um fenômeno de saturação abrupta da densidade de fluxo magnético na área de uso dos componentes CC é impedido para, assim, tornar possível o aumento da área de uso.

[00026] Além do mais, já que o núcleo magnético para sensores de corrente elétrica que é fabricado a partir de ligas amorfas com base em Fe de acordo com esta invenção, tem uma faixa apropriada de permeabilidade e uma

alta densidade de fluxo magnético, a diferença de fase entre as correntes elétricas primária e secundária pode ser reduzida para, desse modo, tornar o tamanho do núcleo magnético pequeno. Em decorrência disto, há uma vantagem em que o núcleo magnético de acordo com a presente invenção pode ser industrialmente utilizado.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[00027] Os objetivos e vantagens expostos da presente invenção, e ainda outros, ficarão mais aparentes pela descrição com detalhes das modalidades preferidas desta em relação aos desenhos anexos, nos quais:

a figura 1 é uma vista gráfica que ilustra um perfil de temperatura de tratamento térmico quando um núcleo magnético de acordo com uma modalidade da presente invenção for fabricado;

a figura 2 é uma vista gráfica que ilustra resultados que são obtidos pela comparação de uma característica de sobreposição de corrente contínua entre um núcleo magnético de acordo com a presente invenção e um núcleo magnético convencional; e

a figura 3 é uma vista gráfica que ilustra uma diferença de fase de um núcleo magnético de acordo com uma modalidade da presente invenção.

MELHOR MODO PARA REALIZAR A INVENÇÃO

[00028] A seguir, um núcleo magnético para sensores de corrente elétrica de acordo com a presente invenção será descrito em relação aos desenhos anexos.

[00029] Uma liga amorfa de uma composição de $\text{Fe}_{60,6}\text{Co}_{20}\text{B}_{14,4}\text{Si}_5$ é fabricada em uma fita amorfa de espessura de 20 μm e largura de 6,5 mm, por um processo de rápida solidificação, e é enrolada em um núcleo tipo toroidal com dimensões de um diâmetro externo de 31 mm x um diâmetro interno de 26 mm x uma altura de 6,5 mm e, então, características magnéticas foram medidas de acordo com temperatura e tempo de tratamento térmico. Os

resultados foram ilustrados nas seguintes Tabelas 1 e 2.

Tabela 1

Características magnéticas de um núcleo magnético de acordo com uma temperatura de tratamento térmico (uma condição de medição: 60 Hz, $H_m = 1.000 \text{ A/m}$)

Temperatura [°C]	Tempo [min]	Campo magnético [Gauss]	Permeabilidade [μ]	Coercividade [A/m]	Densidade do fluxo magnético de saturação [T]	Razão de ortogonalidade
340	85	2.500	1.860	19,2	1,47	7,54
360	85	2.500	2.150	13,4	1,61	3,54
380	85	2.500	2.000	5,2	1,60	1,46
400	85	2.500	1.950	9,1	1,66	1,89
420	85	2.500	1.610	23,5	1,60	4,18

Tabela 2

Características magnéticas de um núcleo magnético de acordo com um tempo de tratamento térmico (uma condição de medição: 60 Hz, $H_m = 1.000 \text{ A/m}$)

Temperatura [°C]	Tempo [min]	Campo magnético [Gauss]	Permeabilidade [μ]	Coercividade [A/m]	Densidade do fluxo magnético de saturação [T]	Razão de ortogonalidade
380	67	2.500	1.960	9,9	1,67	2,21
380	85	2.500	2.000	5,2	1,60	1,46
380	160	2.500	2.250	9,8	1,64	2,12
380	270	2.500	1.710	22,1	1,59	5,48

[00030] Da forma ilustrada na Tabela 1, características magnéticas principais, tais como a permeabilidade ou a coercividade do núcleo magnético, mudam de acordo com a temperatura de tratamento térmico. Julgou-se a temperatura de tratamento térmico de 380 °C como a condição de temperatura ideal mais preferível.

[00031] Além do mais, a Tabela 2 mostra características magnéticas de um núcleo magnético de acordo com um tempo de tratamento térmico. Julgou-se o tempo de tratamento térmico de cerca de 85 minutos como a característica magnética ideal.

[00032] Aqui, o perfil de temperatura de tratamento térmico é ilustrado na figura 1, e um campo magnético externo é aplicado voltado para a direção da largura de uma fita amorfa, a fim de melhorar as características magnéticas do núcleo magnético.

[00033] A intensidade do campo magnético, que é externamente

aplicada a partir do exterior, é de 500 Gauss ou mais, preferivelmente, 2.000 Gauss ou mais. Se um campo magnético for aplicado durante a realização de um processo de tratamento térmico do núcleo magnético, as características magnéticas, tais como a permeabilidade, a coercividade e a razão de ortogonalidade, do núcleo magnético podem ser otimizadas. A intensidade do campo magnético aplicado se baseia no ambiente de tratamento térmico, tais como os métodos e condições de tratamento térmico. Desta maneira, a intensidade do campo magnético aplicado não pode ser especificada como valor em particular. De acordo com o estudo de pesquisa dos inventores, é preferível que a intensidade do campo magnético aplicado seja de 100 Gauss até 6.000 Gauss.

[00034] A partir dos resultados supradescritos, quando a temperatura de tratamento térmico for de 380 °C, o tempo de tratamento térmico for 85 minutos e a intensidade do campo magnético externo aplicado for de 2.500 Gauss, julga-se que as características magnéticas do núcleo magnético são ideais.

[00035] De acordo com o resultado experimental dos inventores, é preferível que a condição ideal de tratamento térmico que incorpora o núcleo magnético para sensores de corrente elétrica de acordo com esta invenção siga a temperatura de tratamento térmico de 200 até 600 °C, o tempo de tratamento térmico de 20 minutos até 1.000 minutos e a intensidade do campo magnético aplicado de 100 Gauss até 6.000 Gauss.

[00036] A fim de confirmar as características em relação aos componentes CC da corrente elétrica com base nos supradescritos resultados, uma característica de sobreposição de corrente contínua foi medida, e os resultados da medição são ilustrados na figura 2, juntamente com o núcleo magnético convencional.

[00037] Aqui, no caso em que a intensidade da corrente elétrica primária é de 120A, o núcleo magnético não deve ser saturado até que a

intensidade da corrente elétrica CC intensidade se torne 42,4 A. Aqui, se uma mudança da permeabilidade na corrente elétrica CC aplicada ocorrer em 15 % ou mais, julga-se que o núcleo magnético ficou saturado.

[00038] O gráfico da característica de sobreposição de corrente contínua é um gráfico a partir do qual um sensor de corrente elétrica não fica saturado nos componentes CC (harmônicos) e a magnitude da corrente elétrica disponível pode ser vista. Da forma ilustrada na figura 2, o núcleo nanocristalino convencional que usa as ligas nanocristalinas com base em Fe têm uma permeabilidade excessivamente alta. Desta maneira, pode-se confirmar que componentes CC da corrente elétrica não alcançam 42,4 A, em vista de um volume idêntico do núcleo.

[00039] Por outro lado, pode-se ver que o núcleo magnético de acordo com esta invenção tem uma permeabilidade superior àquela do núcleo amorfo com base em Co e, adicionalmente, magnitude da corrente elétrica CC fica em um nível igual.

[00040] Portanto, já que o núcleo magnético de acordo com esta invenção pode ser incorporado para ter uma faixa ideal de uma permeabilidade e uma alta densidade de fluxo magnético de saturação, há vantagens em que o núcleo magnético pode ser fabricado em um pequeno tamanho e, além do mais, uma diferença de fase pode ser reduzida.

[00041] Neste íterim, a seguinte Tabela 3 ilustra resultados que foram obtidos pela comparação das permeabilidades e das densidades do fluxo magnético de saturação do núcleo magnético nanocristalino com base em Fe convencional (Exemplos Comparativos 1 e 2) e do núcleo magnético amorfo com base em Fe (Modalidades 1 até 9) de acordo com a presente invenção.

Tabela 3

Características magnéticas entre o núcleo magnético de acordo com a presente invenção e o núcleo magnético convencional (uma condição de medição: 60 Hz, $H_m = 1.000 \text{ A/m}$)

		Composição da liga	Permeabilidade [μ]	Densidade do fluxo magnético de saturação [T]
Exemplos comparativos	1	$\text{Fe}_{66,2}\text{Si}_{11,5}\text{B}_{8,5}\text{Cu}_{0,8}\text{Nb}_3\text{Ni}_{10}$	3.300 ~ 4.500	1,23
	2	$\text{Fe}_{65,2}\text{Si}_{11,5}\text{B}_{8,5}\text{Cu}_{0,8}\text{Nb}_3\text{Ni}_{11}$	3.000 ~ 4.000	1,22
Modalidades	1	$\text{Fe}_{74}\text{Si}_{6,5}\text{B}_{15}\text{Cr}_{1,5}\text{Ni}_3$	3.000 ~ 4.000	1,50
	2	$\text{Fe}_{57}\text{Si}_{6,5}\text{B}_{15}\text{Cr}_{1,5}\text{Ni}_{20}$	2.200 ~ 3.000	1,25
	3	$\text{Fe}_{63,9}\text{Si}_{7,1}\text{B}_{14,5}\text{Cr}_{1,6}\text{Ni}_{12,8}$	3.700 ~ 4.700	1,26
	4	$\text{Fe}_{60,9}\text{Si}_{6,8}\text{B}_{14,2}\text{Cr}_{1,7}\text{Ni}_{16,5}$	3.400 ~ 4.500	1,30
	5	$\text{Fe}_{58,5}\text{Si}_{6,5}\text{B}_{13,5}\text{Cr}_{1,5}\text{Ni}_{20}$	1.700 ~ 2.200	1,45
	6	$\text{Fe}_{56,2}\text{Si}_{6,3}\text{B}_{12,9}\text{Cr}_{1,4}\text{Ni}_{23,1}$	1.500 ~ 1.700	1,45
	7	$\text{Fe}_{54,1}\text{Si}_{6,1}\text{B}_{12,4}\text{Cr}_{1,3}\text{Ni}_{26,1}$	1.400 ~ 1.600	1,45
	8	$\text{Fe}_{58,5}\text{Si}_{6,5}\text{B}_{13,5}\text{Cr}_{1,5}\text{Ni}_{10}\text{Co}_{10}$	2.600 ~ 3.800	1,44
	9	$\text{Fe}_{60,6}\text{Si}_{5}\text{B}_{14,4}\text{Co}_{20}$	1.700 ~ 2.200	1,70

[00042] Como se pode ver a partir da Tabela 3, pode-se ver que o núcleo magnético de acordo com esta invenção tem vantagens em que a densidade de fluxo magnético de saturação é tão alta quanto 1,7 T, no máximo, e a permeabilidade é mantida em uma faixa de 1.400 até 4.000. Desta maneira, mesmo no caso em que a corrente elétrica inclui componentes CC da corrente elétrica, uma área de uso para os componentes CC pode ser enormemente garantida.

[00043] Além do mais, a figura 3 é uma vista gráfica que ilustra uma diferença de fase que foi medida usando um sensor de corrente elétrica que emprega um núcleo magnético de acordo com uma modalidade da presente invenção. De acordo com as condições de medição, o núcleo magnético é obtido pelo enrolamento da bobina de enrolamento secundária em 2.500 voltas, com um diâmetro de linha de 0,22 mm. Da forma ilustrada na figura 3, no resultado da fabricação de um sensor de corrente elétrica que emprega o núcleo magnético de acordo com esta invenção e, então, da medição de uma diferença de fase entre as correntes elétricas primária e secundária, pode-se confirmar que uma taxa de mudança da diferença de fase é de $0,4^\circ$ pelas bandas de corrente elétrica. Portanto, há vantagens em que o núcleo magnético de acordo com a presente invenção tem uma excelente linearidade

da diferença de fase pelas bandas de corrente elétrica, como um importante fator do sensor de corrente elétrica quando o sensor de corrente elétrica empregar o núcleo magnético para, assim, reduzir cargas de um circuito eletrônico de um medidor de watt-hora ou de um processo de software, a fim de compensar a diferença da mudança de fase.

MODO PARA A INVENÇÃO

[00044] Da forma supradescrita, a presente invenção foi descrita em relação a modalidades particularmente preferidas. Entretanto, a presente invenção não é limitada às modalidades expostas, e é possível que versados na técnica façam várias modificações e variações, sem fugir do espírito da presente invenção. Assim, o escopo protetor da presente invenção não é definido na descrição detalhada desta, mas é definido pelas reivindicações descritas a seguir e pelo espírito técnico da presente invenção.

APLICABILIDADE INDUSTRIAL

[00045] A presente invenção pode ser aplicável em um núcleo magnético com uma faixa apropriada de permeabilidade e uma alta densidade de fluxo magnético, desse modo, sendo configurado para ter uma pequena diferença de fase e um pequeno tamanho. O núcleo magnético pode ser usado para sensores de corrente elétrica.

REIVINDICAÇÃO

1. Núcleo magnético para sensores de corrente elétrica, caracterizado pelo fato de que o núcleo magnético é feito de uma liga amorfa com uma composição representada pela fórmula geral: $\text{Fe}_a\text{Co}_b\text{Si}_c\text{B}_d$, em que a, b, c e d são % atômicos e números que satisfazem $50 \leq a \leq 80$, $3 \leq b \leq 30$, $6 \leq c \leq 10$ e $10 \leq d \leq 20$, respectivamente, em que no caso de uma condição de tratamento térmico que incorpora o núcleo magnético para sensores de corrente elétrica, uma temperatura de tratamento térmico é de 200 até 600 °C, e um tempo de tratamento térmico é de 20 até 1.000 minutos, e a intensidade de um campo magnético aplicado é de 100 até 6.000 Gauss, e em que a liga amorfa tem uma densidade de fluxo magnético de 1,2 T até 1,7 T e uma permeabilidade de um valor de 1.400 até 3.000.

Fig. 1

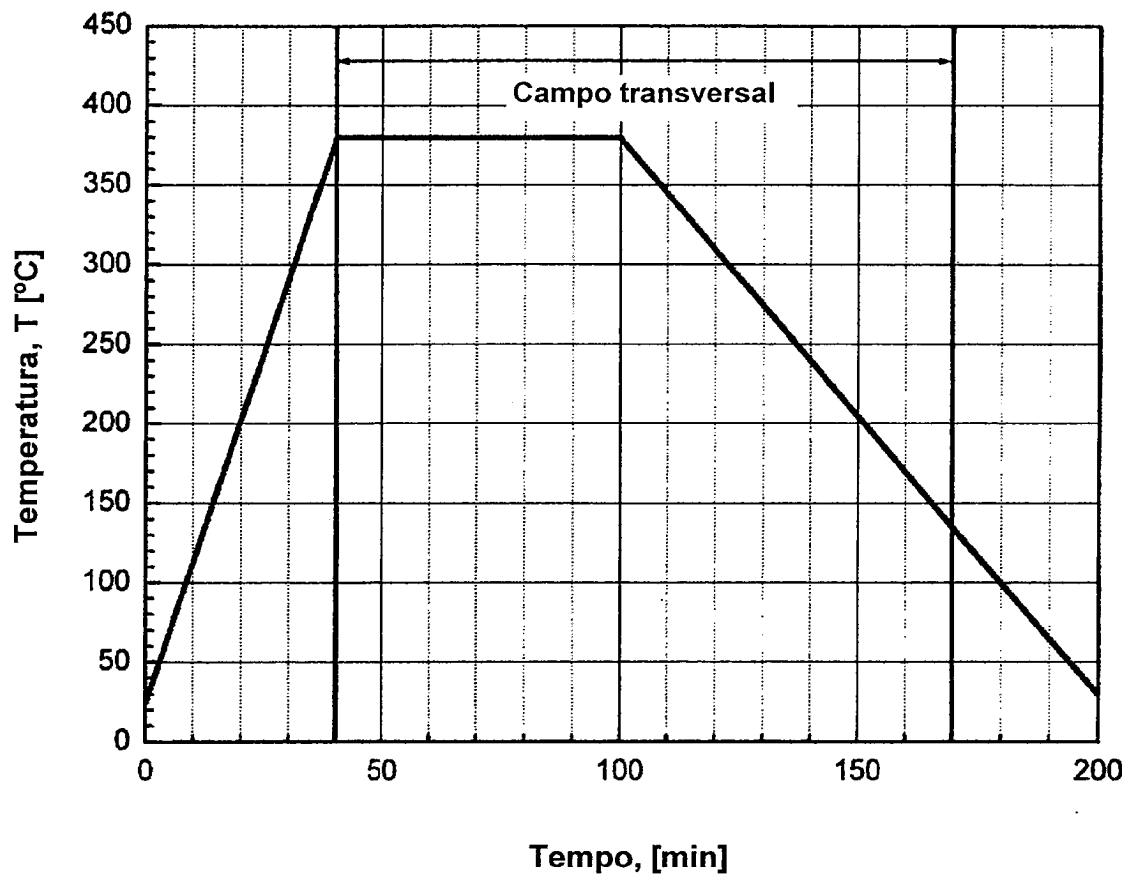


Fig. 2

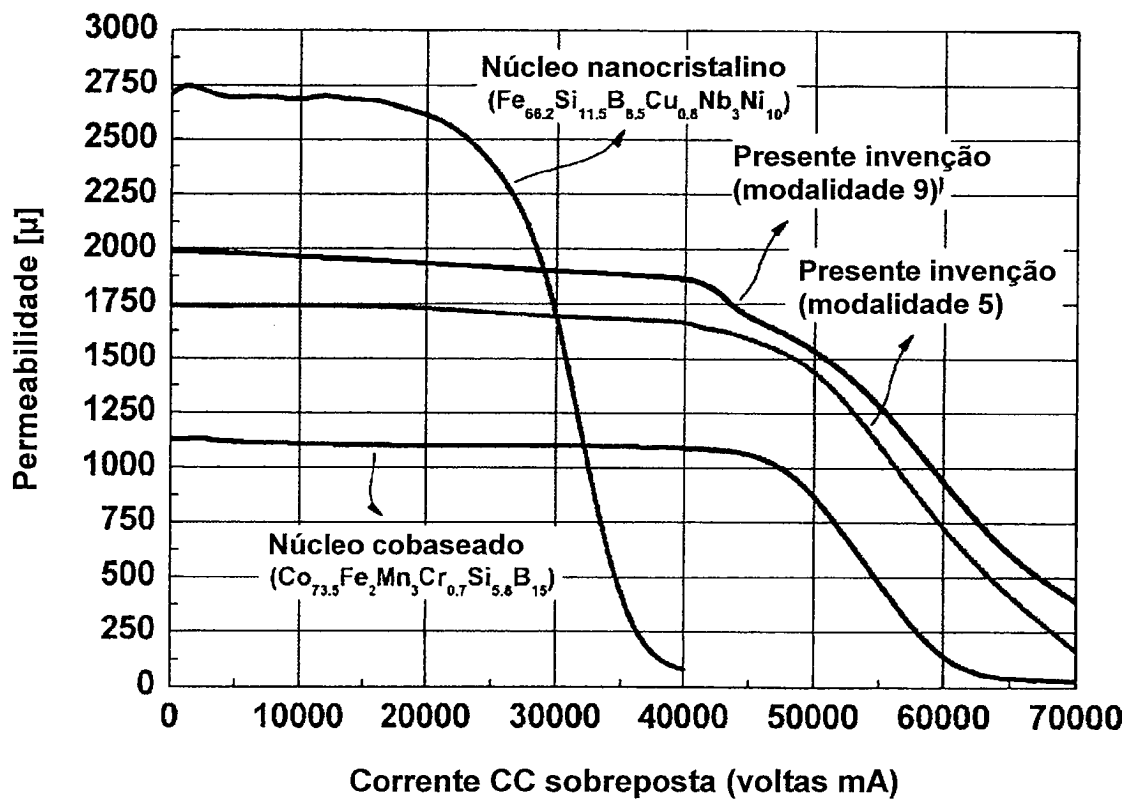


Fig. 3

