

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

(21) **PI0609325-6 A2**



(22) Data de Depósito: 16/03/2006
(43) Data da Publicação: 16/03/2010
(RPI 2045)

(51) *Int.Cl.:*
H01F 13/00 (2010.01)

(54) Título: **MÉTODO E REDE PARA MAGNETIZAR UM OBJETO MAGNETIZÁVEL**

(30) Prioridade Unionista: 16/03/2005 EP 05 005732.2

(73) Titular(es): NCTENGINEERING GMBH

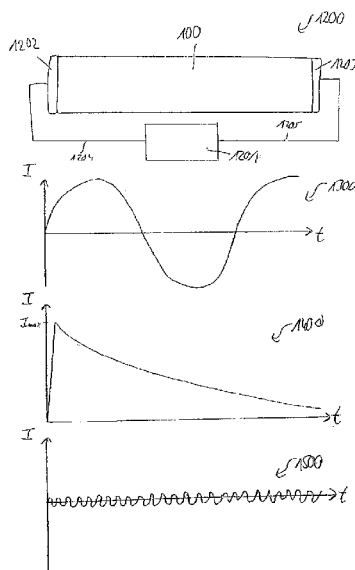
(72) Inventor(es): LUTZ MAY

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT EP2006002424 de 16/03/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/097308 de 21/09/2006

(57) Resumo: MÉTODO E REDE PARA MAGNETIZAR UM OBJETO MAGNETIZÁVEL. A presente invenção refere-se a um método para magnetizar um objeto magnetizável (100), o método compreendendo as etapas de aplicar um primeiro sinal de desmagnetização (1300) no objeto magnetizável para desmagnetizar o objeto magnetizável, em que o primeiro sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado que tem uma primeira frequência e uma primeira amplitude, aplicar um sinal de magnetização (1400) no objeto magnetizável desmagnetizado para magnetizar o objeto magnetizável, e aplicar um segundo sinal de desmagnetização (1500) no objeto magnetizável magnetizado para desmagnetizar parcialmente o objeto magnetizável magnetizado, em que o segundo sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado que tem uma segunda frequência e uma segunda amplitude.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO E REDE PARA MAGNETIZAR UM OBJETO MAGNETIZÁVEL**".

CAMPO DA INVENÇÃO

5 A presente invenção refere-se a um método e uma rede para magnetizar um objeto magnetizável.

DESCRIÇÃO DA TÉCNICA RELACIONADA

10 A tecnologia de transdutores magnéticos encontra aplicação na medição de torque e de posição. Esta foi especialmente desenvolvida para a medição sem contato de torque em um eixo ou qualquer outra peça que está sendo sujeita a torque ou movimento linear. Um elemento rotativo ou alter-
nante pode estar provido com uma região magnetizável, isto é uma região codificada magnética, e quando o eixo é girado ou alternado, tal região codi-
ficada magnética gera um sinal característico em um detector de campo magnético (como uma bobina magnética) que permite determinar o torque
15 ou a posição do eixo.

Para tal tipo de sensores os quais estão descritos, por exemplo, na WO 02/063262, é importante ter uma região magneticamente codificada que estende-se ao longo de uma porção precisamente definida do eixo. No entanto, quando uma parte de um eixo está magnetizada em uma direção
20 longitudinal, como descrito na WO 02/063262, pode acontecer que uma região no limite entre uma porção não magnetizada e uma porção magnetizada do eixo não tenha propriedades magnéticas bem definidas. Em outras palavras, uma magnetização pode ser obtida em uma tal área de limite a qual tem valores intermediários entre a magnetização da porção não magne-
25 tizada e a magnetização da porção magnetizada. Uma tal região não bem definida deteriora a sensibilidade de um sensor de torque ou um sensor de posição, já que esta tem uma influência no sinal de detecção capturado pelo detector de campo magnético.

30 Mais ainda, é importante para os sensores magnéticos que estes sejam magnetizados em um modo que os efeitos perturbadores e as não homogeneidades sejam evitados. Quando um eixo magnetizado é utilizado como um sensor, por exemplo como um sensor de torque ou como um sen-

sor de posição, pode acontecer que o sinal de sensor varie, devido a artefatos, ao longo de uma trajetória circunferencial ao redor de um eixo cilíndrico.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

5 É um objeto da presente invenção definir precisamente a magnetização de um objeto magnetizável.

Este objeto pode ser alcançado pela provisão de um método e uma rede para magnetizar um objeto magnetizável de acordo com as reivindicações independentes.

10 De acordo com uma modalidade exemplar da invenção, um método para magnetizar um objeto magnetizável está provido, o método compreendendo as etapas de aplicar um primeiro sinal de desmagnetização no objeto magnetizável para desmagnetizar o objeto magnetizável, em que o primeiro sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado que tem uma primeira frequência e uma primeira amplitude, aplicar um sinal de magnetização no objeto magnetizável desmagnetizado para magnetizar o objeto magnetizável, e aplicar um segundo sinal de desmagnetização no objeto magnetizável magnetizado para desmagnetizar parcialmente o objeto magnetizável magnetizado, em que o segundo sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado que tem uma segunda frequência e uma segunda amplitude.

20 De acordo com outra modalidade exemplar da invenção, uma rede para magnetizar um objeto magnetizável está provida, a rede compreendendo uma fonte de sinal elétrico. A fonte de sinal elétrico pode estar adaptada para aplicar um primeiro sinal de desmagnetização no objeto magnetizável para desmagnetizar o objeto magnetizável, em que o primeiro sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado que tem uma primeira frequência e uma primeira amplitude, aplicar um sinal de magnetização no objeto magnetizável desmagnetizado para magnetizar o objeto magnetizável, e aplicar um segundo sinal de desmagnetização no objeto magnetizável magnetizado para desmagnetizar parcialmente o objeto magnetizável magnetizado, em que o segundo sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado que tem uma segunda frequência e uma segunda amplitude.

De acordo com uma modalidade exemplar da invenção, um método para ajustar uma magnetização de um objeto magnetizável está provido. O método compreende as etapas de prover um objeto que tem uma porção magnetizada que estende-se ao longo de pelo menos uma parte do objeto, dispor pelo menos um elemento de desmagnetização adjacente à porção magnetizada, e desmagnetizar uma parte da porção magnetizada pela ativação do elemento de desmagnetização para ajustar a magnetização do objeto magnetizável pela formação de uma porção desmagnetizada do objeto diretamente adjacente a uma porção magnetizada restante do objeto.

10 Ainda, uma rede para ajustar uma magnetização de um objeto magnetizável está provida de acordo com uma modalidade exemplar da invenção, que compreende um objeto que tem uma porção magnetizada que estende-se ao longo de pelo menos uma parte do objeto, e pelo menos um elemento de desmagnetização disposto adjacente à porção magnetizada, o
15 pelo menos um elemento de desmagnetização estando adaptado para ser ativado para desmagnetizar uma parte da porção magnetizada para ajustar a magnetização do objeto magnetizável pela formação de uma porção desmagnetizada do objeto diretamente adjacente a uma porção magnetizada restante do objeto.

20 Mais ainda, de acordo com uma modalidade exemplar da invenção, a invenção ensina a utilização de pelo menos um elemento de desmagnetização para desmagnetizar uma parte de uma porção magnetizada de um objeto para ajustar a magnetização do objeto magnetizável pela formação de uma porção desmagnetizada do objeto diretamente adjacente a uma porção
25 magnetizada restante do objeto.

Uma idéia de acordo com a invenção pode ser vista no fato vantajoso de que um esquema de magnetização está provido o qual pode ser executado com baixo esforço. De acordo com este esquema de magnetização, uma seqüência de diferentes sinais pode ser aplicada em um objeto
30 magnetizável para magnetizar o mesmo em uma maneira definida e em um modo que os efeitos parasíticos são impedidos.

De acordo com este esquema de magnetização, a seqüência

destes sinais pode ser aplicada diretamente no objeto magnetizável (por exemplo através de uma conexão ôhmica), de modo que um esquema de magnetização muito simples é provido sem a necessidade de ajustar ou dispor complicadamente as bobinas ou similares. De acordo com este esquema, qualquer magnetização restante do objeto pode ser cancelada no início
5 pela aplicação de um primeiro sinal de desmagnetização o qual pode ser executado pela aplicação de uma grande corrente com uma baixa frequência.

Subseqüentemente, o objeto pode ser magnetizado pela aplicação de um sinal de magnetização correspondente. Existem diversas oportunidades para executar esta etapa do método. Por exemplo, uma bobina pode ser disposta ao redor do eixo, e uma grande corrente pode ser direcionada através da bobina para magnetizar o eixo envolvido pela bobina. Ou, um ou mais pulsos de corrente são diretamente aplicados no eixo para magnetizar o mesmo.
10
15

Após isto, um segundo sinal de desmagnetização pode ser aplicado o qual pode ser um sinal elétrico alternado que tem uma frequência mais alta e uma amplitude mais baixa do que o primeiro sinal de desmagnetização. Por este segundo sinal de desmagnetização, as contribuições de magnetização de superfície podem ser removidas de modo que os efeitos parasíticos podem ser suprimidos. Os efeitos parasíticos especificamente denotam os efeitos que resultam da magnetização de superfície os quais geram, quando utilizando o objeto magnetizado como um sensor magnético, não homogeneidades de sinal na vizinhança do eixo em um plano de corte
20 transversal perpendicular à direção de extensão do eixo.
25

Como também o sinal de magnetização pode ser aplicado, implementando a assim denominada tecnologia de PCME, diretamente no eixo (e ambos os sinais de desmagnetização também), um esquema muito fácil de três sinais elétricos subseqüentes está provido que permite características de magnetização precisamente definidas do objeto magnetizável.
30

É notado que este esquema pode ser seguido por uma etapa de desmagnetização adicional na qual as regiões de linha de borda da porção

magnetizada podem ser seletivamente desmagnetizadas para terem características de magnetização adicionalmente refinadas.

Outra idéia da invenção pode ser vista no fato de que um objeto magnetizado (por exemplo magnetizado com um tratamento de acordo com a WO 02/063262) sofre um pós-tratamento no qual uma área de borda exatamente definível entre uma região magnetizada e uma região não magnetizada do objeto magnetizável é seguramente desmagnetizada para obter uma dependência espacial como degrau na magnetização o que permite separar uma região magnetizada de uma região não magnetizada. Para este propósito, um elemento de desmagnetização como uma bobina está disposto adjacente à porção magnetizada para definir a porção a ser desmagnetizada e é desmagnetizada pela ativação do elemento de desmagnetização para formar uma porção desmagnetizada bem definida a qual está disposta diretamente próxima a uma porção magnetizada restante. Assim, a invenção permite uma sintonia fina do perfil de magnetização ao longo do comprimento do objeto. Uma transição gradual do perfil de magnetização ao longo de uma extensão do objeto é assim eliminada e substituída por um perfil de magnetização como degrau. Assim, as propriedades de magnetização são sintonizadas finas e podem ser ajustadas para necessidades especiais para um sensor de posição, ou um sensor de torque, aumentando a sensibilidade do respectivo sensor.

A invenção introduz a utilização de um elemento de desmagnetização, por exemplo uma bobina magnética, em que a bobina magnética pode ser deslizada ao longo do objeto (por exemplo um eixo magnetizável, por exemplo feito de um aço magnetizável). A bobina magnética é deslizada em uma tal posição do objeto anteriormente magnetizado que somente uma tal parte do objeto a qual deve ser desmagnetizada fica localizada dentro da abertura de bobina. Então, uma corrente de ativação é aplicada na bobina a qual tem uma tal orientação, dependência de tempo e força que os ímãs elementares da porção a ser desmagnetizada são pelo menos parcialmente randomizados. Como uma porção do objeto disposto dentro da bobina pode ser apropriadamente separado de uma porção fora da bobina, a disposição

espacial de uma porção desmagnetizada e de uma porção magnetizada restante podem ser separadas com alta precisão.

O conceito da invenção de desmagnetizar uma parte de um objeto parcialmente magnetizado circundando uma porção a ser desmagnetizada com uma bobina magnética como um elemento de desmagnetização pode ser aplicado em um eixo longitudinalmente magnetizado descrito pela WO 02/063262, ou pode ser alternativamente aplicado em um objeto o qual foi anteriormente magnetizado de acordo com a assim denominada tecnologia de PCME ("Codificação Modulada de Corrente de Pulso"). A tecnologia de PCME será abaixo descrita em detalhes e permite, pela introdução de uma corrente de pulso no eixo, gerar, dentro do objeto, uma região magnetizada interna a qual está circundada por uma região magnetizada externa, em que a direção de magnetização das duas regiões são opostas uma à outra.

Uma tal configuração de magnetização pode ser conseguida pela aplicação de uma corrente de pulso diretamente em uma porção predefinida de um eixo como um exemplo para o objeto. Uma porção de codificação efetivamente utilizada é definida pelas posições sobre um eixo no qual a corrente para formar um campo magnético circunferencial é aplicada. A sintonia fina de uma tal região de codificação é conseguida com o método da invenção no qual uma borda da região magnetizada na qual a magnetização gradualmente diminui de um alto valor até zero é transformada em um perfil de magnetização quase como degrau pela aplicação de um sinal de desmagnetização em um elemento de desmagnetização.

Referindo às reivindicações dependentes, modalidades exemplares adicionais da invenção serão descritas a seguir.

A seguir, modalidades exemplares do método para magnetizar um objeto magnetizável de acordo com a invenção serão descritas. No entanto, estas modalidades também aplicam-se para a rede para magnetizar um objeto magnetizável, para o método e a rede para ajustar uma magnetização de um objeto magnetizável e para a utilização de pelo menos um elemento de desmagnetização ativável para desmagnetizar uma parte de uma

porção magnetizada de um objeto.

Pelo menos um do primeiro sinal de desmagnetização, do sinal de magnetização e do segundo sinal de desmagnetização pode ser aplicado diretamente no objeto magnetizável. Especificamente, os dois sinais de desmagnetização podem simplesmente ser executados forçando uma corrente elétrica que tem uma frequência e uma amplitude predeterminadas fluir através do eixo magnetizável.

Pelo menos um do primeiro sinal de desmagnetização, do sinal de magnetização e do segundo sinal de desmagnetização pode ser uma corrente elétrica a qual pode ser injetada no objeto magnetizável. Para este propósito, contatos elétricos podem ser presos no objeto magnetizável definindo uma região através da qual as correntes injetadas fluirão. Isto pode ser executado, por exemplo, por um contato como placa preso nas superfícies de extremidade de um objeto cilíndrico, por um contato como anel preso em um objeto cilíndrico, ou dispondo circunferencialmente uma pluralidade de contatos como dentes.

A primeira frequência pode ser menor do que a segunda frequência. Em outras palavras, o primeiro sinal de desmagnetização pode ser um sinal de baixa frequência, e o segundo sinal de desmagnetização pode ter uma frequência mais alta.

Ainda, a primeira amplitude pode ser maior do que a segunda amplitude. Assim, o primeiro sinal de desmagnetização pode ter um valor de corrente mais alto do que o segundo sinal de desmagnetização, já que o segundo sinal de desmagnetização é simplesmente provido para desmagnetizar seletivamente porções de superfície do objeto magnetizável. De acordo com este esquema, o assim denominado efeito peculiar é vantajosamente utilizado.

Especificamente, a primeira frequência pode ser menor ou igual a 50 Hz. Por exemplo, para um eixo que tem um diâmetro de 50 mm, uma primeira frequência pode estar na faixa entre 1 e 2 Hz. Para um eixo que tem um diâmetro de 25 mm, a frequência pode ser, por exemplo, de 10 Hz. Para um eixo que tem um diâmetro de por exemplo 5 mm, a primeira frequência

pode ser 50 Hz. Para um eixo que tem um diâmetro de 20 mm, a frequência pode estar na faixa entre 30 e 50 Hz. Geralmente, a faixa da primeira frequência pode estar entre 1 e 50 Hz, e o valor de corrente pode ser de 30 A até 50 A em uma voltagem de 30 V.

- 5 A segunda frequência pode ser maior do que ou igual a 100 Hz. Por exemplo, um eixo que tem um diâmetro de 10 mm pode ser desmagnetizado por uma segunda frequência maior ou igual a 100 Hz. Para um diâmetro de eixo de 5 mm, a frequência pode ser de 300 Hz ou mais.

- 10 A primeira amplitude pode ser maior do que ou igual a 20 A. A segunda amplitude pode ser menor do que ou igual a 10 A. Especificamente, a primeira amplitude pode estar na faixa entre 30 A e 50 A. A segunda amplitude pode estar na faixa entre 5 A e 10 A.

- 15 O segundo sinal de desmagnetização pode ser selecionado de tal modo que os efeitos parasíticos sejam suprimidos. Em outras palavras, as contribuições de magnetização de superfície devem ser eliminadas pela segunda etapa de desmagnetização o que resulta em uma simetria circunferencial mais alta do sinal do objeto magnetizado cujo sinal pode ser medido quando o objeto magnetizado é utilizado como um sensor, por exemplo um sensor de torque, um sensor de posição, um sensor de força de dobramento, ou similares.

- 20 O segundo sinal de desmagnetização pode ser selecionado de tal modo que uma magnetização de superfície seja removida do objeto magnetizável. Em outras palavras, as contribuições de superfície da magnetização podem ser seletivamente eliminadas.

- 25 Os sinais elétricos alternados de acordo com o primeiro sinal de desmagnetização e/ou o segundo sinal de desmagnetização podem ser selecionados do grupo que consiste em um sinal de seno, um sinal de cosseno, um sinal de triângulo, um sinal de dente de serra, um sinal de pulso e um sinal retangular. Um sinal de seno é uma boa solução, já que isto pode ser executado com o esforço mais baixo. No entanto, outras formas de sinal são possíveis.

- 30 Mais ainda, o método de acordo com a invenção pode compre-

ender, após ter aplicado o segundo sinal de desmagnetização, ajustar a magnetização do objeto magnetizável pela disposição de pelo menos um elemento de desmagnetização adjacente ao objeto magnetizado, e desmagnetizar uma parte do objeto magnetizado pela ativação do elemento de desmagnetização para ajustar a magnetização do objeto magnetizável pela formação de uma porção desmagnetizada do objeto diretamente adjacente a uma porção magnetizada restante do objeto. Assim, após ter definido a magnetização na região de superfície do eixo, a magnetização pode adicionalmente ser definida em uma direção lateral de modo que um eixo magnetizável seja provido com uma magnetização a qual é precisamente definida. Isto permite utilizar o eixo magnetizado como um sensor altamente sensível de acordo com um princípio de medição magnética.

Como um elemento de desmagnetização, uma bobina de desmagnetização pode ser utilizada a qual pode ser disposta para circundar uma porção do objeto magnetizado a ser desmagnetizado. Alternativamente, o elemento de desmagnetização pode ser executado como um eletroímã.

Em ambos os casos, o elemento de desmagnetização pode ser ativado pela aplicação de um sinal elétrico variável no tempo. Este pode ser uma corrente alternada ou uma voltagem alternada a qual seletivamente cancela as contribuições de campo magnético nas porções de borda de uma região magnetizada. Por meio disto, a dimensão da porção magnetizada pode ser limitada em uma faixa desejada.

A corrente alternada ou a voltagem alternada podem alternar com a frequência sendo substancialmente menor do que 50 Hz. Mais de preferência, a corrente alternada ou a voltagem alternada podem alternar com uma frequência menor do que 5 Hz.

Alternativamente, um elemento de desmagnetização pode ser executado como um ímã permanente, o qual pode ser ativado movendo o ímã permanente na vizinhança do objeto em um modo variável no tempo.

De acordo com outra modalidade da invenção, a aplicação de um sinal de magnetização para magnetizar o objeto magnetizável pode incluir ativar uma bobina de magnetização sendo disposta para circundar um

objeto a ser magnetizado. Este esquema de magnetização refere-se a uma tecnologia a qual está descrita, por exemplo, na WO 02/063262.

A ativação da bobina de magnetização pode ser executada pela aplicação de uma corrente contínua ou uma voltagem contínua.

5 Alternativamente, a aplicação de um sinal de magnetização para magnetizar um objeto magnetizável pode incluir aplicar pelo menos dois pulsos de corrente no objeto de modo que em uma direção essencialmente perpendicular à superfície do objeto, uma estrutura de campo magnético é gerada de modo que exista um primeiro fluxo magnético em uma primeira
10 direção e um segundo fluxo magnético em uma segunda direção, em que a primeira direção é oposta à segunda direção.

Esta assim denominada tecnologia de PCME (tecnologia de "Codificação Modulada de Corrente de Pulso") pode ser aplicada, e está descrita neste pedido especificamente referindo à Figura 1 à Figura 67. De
15 acordo com a tecnologia de PCME, uma porção magnetizada de um objeto pode ser formada pela aplicação de dois pulsos de corrente no objeto de modo que em uma direção essencialmente perpendicular a uma superfície do objeto, uma estrutura de campo magnético é gerada de modo que exista um primeiro fluxo magnético em uma primeira direção e um segundo fluxo
20 magnético em uma segunda direção. As duas direções podem ser opostas uma à outra. Em um diagrama de tempo versus corrente, cada um dos pelo menos dois pulsos de corrente pode ter uma envoltória ascendente rápida sendo essencialmente vertical e uma envoltória descendente lenta (vide por exemplo a Figura 81).

25 O objeto pode ser um eixo, especificamente um do grupo que consiste em um eixo de motor, um cilindro de trabalho alternante, e uma articulação de arraste.

Somente um do pelo menos um elemento de desmagnetização pode ser ativado de cada vez. Alternativamente, pelo menos dois elementos
30 de desmagnetização podem ser ativados de cada vez.

Um primeiro sinal de desmagnetização pode ser aplicado no objeto magnetizável de tal modo a desmagnetizar o objeto magnetizável inteiro.

Em outras palavras, qualquer magnetização restante potencial deverá ser removida por esta etapa.

De acordo com uma modalidade exemplar do método, o primeiro sinal de desmagnetização pode ser um sinal elétrico alternado atenuado. Em
5 outras palavras, o sinal oscilante pode ter um envelope de atenuação como uma função exponencial.

De acordo com outra modalidade exemplar do método, o segundo sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado amortecido. Em
10 outras palavras, o sinal oscilante pode ter uma envoltória amortecida como uma função exponencial.

A seguir, modalidades exemplares de uma rede para magnetizar um objeto magnetizável de acordo com a invenção serão descritas. No entanto, estas modalidades também aplicam-se para o método para magnetizar um objeto magnetizável, para o método e a rede para ajustar uma magnetização de um objeto magnetizável e para a utilização de pelo menos um
15 elemento de desmagnetização ativável para desmagnetizar uma parte de uma porção magnetizada de um objeto.

A rede pode ainda compreender um elemento de conexão elétrica adaptado para conectar eletricamente a fonte de sinal elétrico com um
20 objeto magnetizável. Assim, os contatos elétricos podem ser providos para serem acoplados eletricamente em um objeto magnetizável para aplicar diretamente os sinais no objeto magnetizável.

A rede pode ainda compreender um condutor elétrico adaptado para circundar um objeto magnetizável ou ser circundado por um objeto
25 magnetizável. De acordo com uma modalidade, o condutor elétrico pode ser uma bobina que circunda o objeto magnetizável. De acordo com outra modalidade, o condutor elétrico pode ser um condutor cilíndrico o qual está circundado por um objeto magnetizável oco.

A seguir, modalidades exemplares do método para ajustar uma magnetização de um objeto magnetizável de acordo com a invenção serão
30 descritas.

No entanto, estas modalidades também aplicam-se para o mé-

todo e a rede para magnetizar um objeto magnetizável, para a rede para ajustar uma magnetização de um objeto magnetizável e para a utilização de pelo menos um elemento de desmagnetização ativável para desmagnetizar uma parte de uma porção magnetizada de um objeto.

5 De acordo com o método da invenção, um objeto pode estar provido que tem a porção magnetizada estendendo-se ao longo do objeto inteiro. De acordo com esta modalidade, primeiro, o objeto inteiro é magnetizado, e então uma porção magnetizada restante é definida pela desmagnetização de porções selecionáveis do objeto anteriormente inteiramente magnetizado.

10 Alternativamente, um objeto pode estar provido que tem uma pluralidade de porções magnetizadas e não magnetizadas alternadas. De acordo com esta configuração, a qual é especificamente vantajosa para um sensor de posição de um objeto alternante em que a detecção de posição é executada pela medição do campo magnético gerado pelas diferentes regiões magnéticas do objeto alternante, o objeto (com um eixo alternante) pode primeiramente ser magnetizado em porções selecionáveis, e após o que a invenção é implementada para sintonizar finamente a magnetização da sequência de regiões magnetizadas e não magnetizadas, pela geração de um

15 perfil de magnetização o qual segue uma função de etapa matemática.

20 Pelo menos um do pelo menos um elemento de desmagnetização pode ser uma bobina de desmagnetização. Com uma bobina de desmagnetização, isto é um núcleo magnético, a região de desmagnetização pode ser apropriadamente definida deslizando a bobina ao longo do objeto, por exemplo um eixo.

25 Assim, a bobina de desmagnetização pode estar disposta para circundar uma porção da porção magnetizada a ser desmagnetizada. Isto permite um posicionamento apropriado a definição da região do objeto magnetizado a ser desmagnetizado.

30 Pelo menos um do pelo menos um elemento de desmagnetização pode ser um eletroímã. A utilização de um eletroímã sendo controlado para formar um campo magnético dependente do tempo é uma alternativa a

uma bobina magnética. Como um eletroímã pode ser provido em diferentes formas, tamanhos e geometrias, é também muito adequado definir apropriadamente uma porção a ser desmagnetizada.

5 Pelo menos um dos elementos de desmagnetização pode ser ativado pela aplicação de um sinal elétrico variável com o tempo. Um sinal elétrico variável com o tempo (por exemplo uma corrente alternada ou uma voltagem alternada) produz um campo magnético dependente do tempo o qual, aplicado em uma porção magnetizada, pode randomizar os ímãs elementares magnetizados ordenados, assim conseguindo uma desmagnetização segura.

10 Especificamente, pelo menos um elemento de desmagnetização pode ser ativado pela aplicação de uma corrente alternada ou uma voltagem alternada.

15 A corrente alternada ou a voltagem alternada alterna por exemplo com uma freqüência a qual é substancialmente menor do que 50 Hz. Devido ao assim denominado efeito peculiar, é preferido utilizar uma freqüência suficientemente pequena para permitir uma desmagnetização apropriada também nas partes internas do objeto, por exemplo próximo do centro de um eixo. Isto pode ser conseguido pela utilização de freqüências suficientemente pequenas, em que, em uma primeira aproximação, o valor de freqüência

20 pode ser selecionado para ser inversamente proporcional à área de corte transversal do objeto.

Assim, um valor apropriado para a freqüência do sinal de desmagnetização variável no tempo depende sensitivamente da aplicação utilizada, mais uma tal freqüência é por exemplo consideravelmente menor do

25 que 50 Hz. Por exemplo, uma região de freqüência entre 0,01 Hz e 20 Hz é adequada, uma faixa especificamente preferida está entre 0,01 Hz e 5 Hz.

Quando selecionando os parâmetros que definem o sinal de desmagnetização, existe um balanceamento entre tempo, amplitude e freqüência do sinal elétrico aplicado (por exemplo voltagem ou corrente). Como

30 uma regra do polegar, a desmagnetização deve ser continuada até que uma randomização quase completa dos ímãs elementares da região magnetizada

a ser desmagnetizada seja conseguida.

Ainda de preferência, a corrente alternada ou a voltagem alternada podem alternar com uma frequência menor do que 5 Hz.

5 Como uma alternativa a uma configuração na qual o elemento de desmagnetização é executado como uma bobina ou como um eletroímã, um ímã permanente pode ser utilizado como um elemento de desmagnetização e pode ser ativado movendo o ímã permanente na vizinhança do objeto em um modo variável no tempo. Por um tal movimento (por exemplo uma oscilação mecânica), um campo de desmagnetização dependente do tempo
10 é efetivo para a porção do objeto a ser desmagnetizada. Uma tal configuração torna a utilização de sinais de desmagnetização elétricos indispensável, já que uma seqüência de desmagnetização mecânica pura é possível utilizando um ímã permanente.

A porção magnetizada do objeto pode ser formada pela magnetização do material magnetizável do objeto pela ativação de uma bobina de magnetização a qual está disposta para circundar a porção do objeto a ser magnetizado. Uma tal tecnologia de magnetizar um objeto está descrita, por exemplo, na WO 02/063262. De acordo com esta seqüência de magnetização, uma porção de um objeto magnetizável (por exemplo um objeto metálico como um eixo feito de aço industrial) pode ser magnetizada, em que problemas de qualidade podem ocorrer na borda entre a região magnetizada e uma região não magnetizada. Um tal eixo pode então ser tratado de acordo com a sintonia fina do perfil de magnetização de acordo com a invenção para aperfeiçoar a transição entre as regiões magnetizadas e não magnetizadas.
20
25

De acordo com o aspecto descrito, a bobina de magnetização pode ser ativada pela aplicação de uma corrente contínua ou uma voltagem contínua.

Alternativamente o método de magnetização da WO 02/063262, a assim denominada tecnologia de PCME ("Codificação Modulada de Corrente de Pulso") pode ser aplicada, a qual será abaixo descrita em detalhes. De acordo com esta tecnologia, a porção magnetizada do objeto pode ser
30

formada pela aplicação de pelo menos dois pulsos de corrente no objeto de modo que uma direção essencialmente perpendicular a uma superfície do objeto, uma estrutura de campo magnético é gerada de modo que exista um primeiro fluxo magnético em uma primeira direção e um segundo fluxo magnético em uma segunda direção, em que a primeira direção é oposta à segunda direção. De acordo com este esquema de magnetização, em um diagrama de corrente versus tempo, cada um dos últimos dois pulsos de corrente tem uma envoltória ascendente rápida a qual é essencialmente vertical e tem uma envoltória descendente lenta.

10 Como o objeto, um eixo pode ser provido. Especificamente, o eixo pode ser um do grupo que consiste em um eixo de motor, um cilindro de trabalho alternante, ou uma articulação de arraste

Um tal eixo de motor pode ser utilizado em um veículo como um carro para medir o torque do motor. Um cilindro de trabalho alternante pode ser utilizado em um aparelho de processamento de concreto (cimento) em que uma ou mais regiões magneticamente codificadas sobre um tal cilindro de trabalho alternante podem ser utilizadas para determinar a posição real do cilindro de trabalho dentro do aparelho de processamento de concreto para permitir um controle aperfeiçoado da operação do cilindro alternante.

20 Uma articulação de arraste, ou uma pluralidade de articulações de arraste, pode estar provida dentro de uma caixa de marchas de um veículo e pode estar provida com uma ou mais regiões codificadas magnéticas para permitir uma detecção de posição da articulação de arraste.

Por exemplo, somente um do pelo menos um elemento de desmagnetização é ativado de cada vez. pela ativação de cada um dos elementos de desmagnetização separadamente e um após o outro, a sintonia fina da magnetização pode ser executada com uma precisão muito alta, e as regiões que devem permanecer magnetizadas são impedidas de serem desmagnetizadas.

30 Alternativamente, pelo menos dois elementos de desmagnetização podem ser ativados de cada vez. Esta configuração permite uma sintonia fina muito rápida e é portanto uma alternativa muito econômica.

A seguir, modalidades exemplares da rede para ajustar uma magnetização de um objeto magnetizável de acordo com a invenção serão descritas. No entanto, estas modalidades também aplicam-se para o método e a rede para magnetizar um objeto magnetizável, para o método para ajustar uma magnetização de um objeto magnetizável e para a utilização de pelo menos um elemento de desmagnetização ativável para desmagnetizar uma parte de uma porção magnetizada de um objeto de acordo com a invenção.

Na rede, o objeto pode ser um eixo.

O eixo pode ter uma porção não magnetizada (não magnetizada) e pode ter uma segunda porção não magnetizada, a porção magnetizada estando disposta entre a primeira porção não magnetizada e a segunda porção não magnetizada.

A rede pode ter uma primeira bobina de desmagnetização e pode ter uma segunda bobina de desmagnetização como os elementos de desmagnetização, em que a primeira bobina de desmagnetização pode estar disposta circundando uma porção da porção magnetizada adjacente à primeira porção não magnetizada, e a segunda bobina de desmagnetização pode estar disposta circundando uma porção da porção magnetizada adjacente à segunda porção não magnetizada.

A primeira bobina de desmagnetização pode ter uma primeira conexão e pode ter uma segunda conexão. A segunda bobina de desmagnetização pode ter uma primeira conexão e pode ter uma segunda conexão. Uma primeira voltagem pode ser aplicada entre a primeira conexão e a segunda conexão da primeira bobina de desmagnetização, e a segunda voltagem pode ser aplicada entre a primeira conexão e a segunda conexão da segunda bobina de desmagnetização. Em outras palavras, de acordo com esta configuração, as duas bobinas de desmagnetização estão eletricamente desacopladas uma da outra. Assim, os sinais de desmagnetização para duas bordas entre as porções magnetizada e não magnetizada podem ser gerados um após o outro, gerando uma alta qualidade do perfil de magnetização produzido.

Alternativamente, a primeira bobina de desmagnetização pode

ter uma primeira conexão e pode ter uma segunda conexão, e a segunda bobina de desmagnetização pode ter uma primeira conexão e uma segunda conexão. Uma voltagem pode ser aplicada entre a primeira conexão da primeira bobina de desmagnetização e a segunda conexão da segunda bobina de desmagnetização, em que a segunda conexão da primeira bobina de desmagnetização pode estar acoplada com a primeira conexão da segunda bobina de desmagnetização. De acordo com esta configuração, uma única voltagem e assim um único suprimento de voltagem é suficiente para operar a rede, já que duas conexões das bobinas de desmagnetização estão acopladas permitindo produzir simultaneamente um sinal de desmagnetização para duas bordas entre as porções magnetizada e não magnetizada.

Ainda, a rede da invenção pode ter uma primeira bobina de obturador, a primeira bobina de obturador estando disposta circundando uma porção da porção magnetizada adjacente à primeira bobina de desmagnetização, e a segunda bobina de obturador pode estar disposta circundando uma porção da porção magnetizada adjacente à segunda bobina de desmagnetização de tal modo que a primeira e a segunda bobinas de obturador fiquem dispostas entre a primeira e a segunda bobinas de desmagnetização. Um tal sinal elétrico pode ser aplicado na primeira e na segunda bobinas de obturador de modo que a região entre a primeira e a segunda bobinas de obturador é impedida de ser desmagnetizada quando os elementos de desmagnetização são ativados. De acordo com esta configuração, pequenas bobinas de obturador ou indutores de obturador podem ser colocadas em uma extremidade específica dos elementos de desmagnetização, e a indutividade das bobinas de obturador pode ser significativamente menor do que a indutividade das bobinas de desmagnetização. Assim, a área a qual é afetada pelo procedimento de desmagnetização pode ser ainda melhor definida.

A porção magnetizada pode ser uma região longitudinalmente magnetizada do objeto, por exemplo gerada de acordo com a tecnologia descrita na WO 02/063262.

Alternativamente, a porção magnetizada pode ser uma região circunferencialmente magnetizada do objeto alternante. Isto pode ser conse-

guido pela implementação da assim denominada tecnologia de PCME abaixo descrita.

De acordo com o último aspecto, a porção magnetizada pode ser formada por uma primeira região de fluxo magnético orientada em uma primeira direção e por uma segunda região de fluxo magnético orientada em uma segunda direção, em que a primeira direção é oposta à segunda direção. Assim, em uma vista em corte transversal do objeto, pode existir o primeiro fluxo magnético circular que tem a primeira direção e um primeiro raio, e o segundo fluxo magnético circular pode ter a segunda direção e um segundo raio, em que o primeiro raio pode ser maior do que o segundo raio.

Os aspectos, objetos, características e vantagens acima e outros da presente invenção ficarão aparentes da descrição seguinte e das reivindicações anexas, tomados em conjunto com os desenhos acompanhantes nos quais as partes ou elementos iguais são denotadas por números de referência iguais.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Os desenhos acompanhantes, os quais estão incluídos para prover uma compreensão adicional da invenção e constituem uma parte da especificação ilustram as modalidades da invenção.

Nos desenhos:

Figura 1 mostra um sensor de torque com um elemento de sensor de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção para explicar um método para fabricar um sensor de torque de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 2a mostra uma modalidade exemplar de um elemento de sensor de um sensor de torque de acordo com a presente invenção para explicar adicionalmente um princípio da presente invenção e um aspecto de uma modalidade exemplar de um método de fabricação da presente invenção.

Figura 2b mostra uma vista em corte transversal ao longo de AA' da Figura 2a.

Figura 3a mostra outra modalidade exemplar de um elemento de

sensor de um sensor de torque de acordo com a presente invenção para explicar adicionalmente um princípio da presente invenção e uma modalidade exemplar de um método para fabricar um sensor de torque da presente invenção.

5 Figura 3b mostra uma representação em corte transversal ao longo de BB' da Figura 3a.

 Figura 4 mostra uma representação em corte transversal do elemento de sensor do sensor de torque das Figuras 2a e 3a fabricado de acordo com um método de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

10

 Figura 5 mostra outra modalidade exemplar de um elemento de sensor de um sensor de torque de acordo com a presente invenção para explicar adicionalmente uma modalidade exemplar de um método de fabricação para fabricar um sensor de torque de acordo com a presente invenção.

15

 Figura 6 mostra outra modalidade exemplar de um elemento de sensor de um sensor de torque de acordo com a presente invenção para explicar adicionalmente uma modalidade exemplar de um método de fabricação de um sensor de torque de acordo com a presente invenção.

20 Figura 7 mostra um fluxograma para explicar adicionalmente uma modalidade exemplar de um método para fabricar um sensor de torque de acordo com a presente invenção.

 Figura 8 mostra um diagrama de corrente versus tempo para explicar adicionalmente um método de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

25

 Figura 9 mostra outra modalidade exemplar de um elemento de sensor de um sensor de torque de acordo com a presente invenção com um sistema de eletrodos de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

30 Figura 10a mostra outra modalidade exemplar de um sensor de torque de acordo com a presente invenção com um sistema de eletrodos de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 10b mostra o elemento de sensor da Figura 10a após a aplicação de picos de corrente por meio do sistema de eletrodos da Figura 10a.

5 Figura 11 mostra outra modalidade exemplar de um elemento de sensor de torque para um sensor de torque de acordo com a presente invenção.

10 Figura 12 mostra um diagrama esquemático de um elemento de sensor de um sensor de torque de acordo com outra modalidade exemplar da presente invenção que mostra que dois campos magnéticos podem estar armazenados no eixo e correndo em círculos sem fim.

15 Figura 13 é outro diagrama esquemático para ilustrar uma tecnologia de detecção de PCME que utiliza dois laços de ciclo ou de campo magnético contrários os quais podem ser gerados de acordo com um método de fabricação de acordo com a presente invenção.

20 Figura 14 mostra outro diagrama esquemático para ilustrar que quando nenhuma tensão mecânica é aplicada no elemento de sensor de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção, as linhas de fluxo magnético estão corrente em seus percursos originais.

25 Figura 15 é outro diagrama esquemático para explicar adicionalmente um princípio de uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 16 é outro diagrama esquemático para explicar adicionalmente o princípio de uma modalidade exemplar da presente invenção.

30 Figuras 17-22 são representações esquemáticas para explicar adicionalmente um princípio de uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 23 é outro diagrama esquemático para explicar um princípio de uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figuras 24, 25 e 26 são diagramas esquemáticos para explicar adicionalmente um princípio de uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 27 é um diagrama de corrente versus tempo para ilustrar um pulso de corrente o qual pode ser aplicado em um elemento de sensor

de acordo com um método de fabricação de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 28 mostra um diagrama de sinal de saída versus comprimento de pulso de corrente de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 29 mostra um diagrama de corrente versus tempo com pulsos de corrente de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção os quais podem ser aplicados nos elementos de sensor de acordo com um método da presente invenção.

Figura 30 mostra outra diagrama de corrente versus tempo que mostra uma modalidade exemplar de um pulso de corrente aplicado em um elemento de sensor tal como um eixo de acordo com um método de uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 31 mostra um diagrama de sinal e eficiência de sinal versus corrente de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 32 é uma vista em corte transversal de um elemento de sensor que tem uma densidade de corrente elétrica de PCME de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 33 mostra uma vista em corte transversal de um elemento de sensor e uma densidade de corrente de pulso elétrico em diferentes e crescentes níveis de corrente de pulso de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figuras 34a e 34b mostram um espaçamento conseguido com diferentes pulsos de corrente de fluxos magnéticos em elementos de sensor de acordo com a presente invenção.

Figura 35 mostra um diagrama de corrente versus tempo de um pulso de corrente como este pode ser aplicado em um elemento de sensor de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 36 mostra uma conexão elétrica de múltiplos pontos em um elemento de sensor de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 37 mostra um suporte de conexão elétrica de múltiplos canais com pontos de contato carregados por mola para aplicar um pulso de corrente no elemento de sensor de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

5 Figura 38 mostra um sistema de eletrodos com um número aumentado de pontos de conexão elétrica de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 39 mostra uma modalidade exemplar do sistema de eletrodos da Figura 37.

10 Figura 40 mostra grampos de retenção de processamento de eixo utilizados para um método de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 41 mostra uma região de codificação de campo dupla de um elemento de sensor de acordo com a presente invenção.

15 Figura 42 mostra uma etapa de processo de uma codificação de campo dupla sequencial de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 43 mostra outra etapa de processo da codificação de campo dupla de acordo com outra modalidade exemplar da presente inven-
20 ção.

Figura 44 mostra outra modalidade exemplar de um elemento de sensor com uma ilustração de uma aplicação de pulso de corrente de acordo com outra modalidade exemplar da presente invenção.

25 Figura 45 mostra diagramas esquemáticos para descrever as direções de fluxo magnético nos elementos de sensor de acordo com a presente invenção quando nenhuma tensão é aplicada.

Figura 46 mostra as direções de fluxo magnético do elemento de sensor da Figura 45 quando uma força é aplicada.

30 Figura 47 mostra o fluxo magnético dentro do eixo codificado de PCM da Figura 45 quando a direção de torque aplicado está mudando.

Figura 48 mostra um sistema de acionamento de corrente de pulso sincronizado de 6 canais de acordo com uma modalidade exemplar da

presente invenção.

Figura 49 mostra uma representação simplificada de um sistema de eletrodos de acordo com outra modalidade exemplar da presente invenção.

5 Figura 50 é uma representação de um elemento de sensor de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 51 é outra modalidade exemplar de um elemento de sensor de acordo com a presente invenção que tem uma região de detecção de processo de PCME com duas regiões de campo de pinagem.

10 Figura 52 é uma representação esquemática para explicar um método de fabricação de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção para fabricar um elemento de sensor com uma região codificada e regiões de pinagem.

Figura 53 é outra representação esquemática de um elemento de sensor de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção fabricado de acordo com um método de fabricação de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

15 Figura 54 é uma representação esquemática simplificada para explicar adicionalmente uma modalidade exemplar da presente invenção.

20 Figura 55 é outra representação esquemática simplificada para explicar adicionalmente uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 56 mostra uma aplicação de um sensor de torque de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção em uma caixa de marchas de um motor.

25 Figura 57 mostra um sensor de torque de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 58 mostra uma ilustração esquemática de componentes de um dispositivo de detecção de torque sem contato de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

30 Figura 59 mostra os componentes de um dispositivo de detecção de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 60 mostra disposições de bobinas com um elemento de

sensor de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 61 mostra uma eletrônica de sensor de canal único de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 62 mostra um sistema protegido de curto circuito, de canal duplo de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 63 mostra um sensor de acordo com outra modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 64 ilustra uma modalidade exemplar de um conjunto de unidade de sensor secundário de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 65 ilustra duas configurações de uma disposição geométrica de sensor primário e de sensor secundário de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Figura 66 é uma representação esquemática para explicar que um espaçamento entre a unidade de sensor secundário e o sensor principal é por exemplo tão pequeno quanto possível.

Figura 67 é uma modalidade que mostra um equipamento de codificação de sensor primário.

Figura 68 até Figura 74 mostram diferentes vistas de um eixo magnetizável durante um método para ajustar a magnetização do eixo de acordo com uma modalidade da invenção.

Figura 75 mostra uma rede para ajustar uma magnetização de um eixo de acordo com uma primeira modalidade da invenção.

Figura 76 mostra uma rede para ajustar uma magnetização de um eixo de acordo com uma segunda modalidade da invenção.

Figuras 77A, 77B mostram uma rede para ajustar uma magnetização de um eixo de acordo com uma terceira modalidade da invenção.

Figura 77C mostra uma rede para ajustar uma magnetização de um eixo de acordo com uma quarta modalidade da invenção.

Figura 78A até Figura 78C mostram esquemas para ilustrar a invenção.

Figura 79 mostra uma rede para magnetizar um eixo de acordo

com uma modalidade exemplar da invenção.

Figura 80 até Figura 82 ilustram diagramas de corrente versus tempo de acordo com um método para magnetizar um eixo de acordo com uma modalidade exemplar da invenção.

5 Figura 83 mostra uma rede para magnetizar um eixo de acordo com uma modalidade exemplar da invenção.

Figura 84 mostra uma rede para magnetizar um eixo de acordo com uma modalidade exemplar da invenção.

10 Figura 85 é uma vista em corte transversal esquemática de um eixo magnetizado.

Figura 86 é uma vista em corte transversal esquemática de um eixo magnetizado, magnetizado de acordo com uma modalidade exemplar da invenção.

15 Figura 87 ilustra um diagrama de corrente versus tempo de acordo com um método para magnetizar um eixo de acordo com uma modalidade exemplar da invenção que mostra uma alternativa ao diagrama de corrente versus tempo de acordo com a Figura 80 ou a Figura 82.

20 Figura 88 ilustra um diagrama de corrente versus tempo de acordo com um método para magnetizar um eixo de acordo com uma modalidade exemplar da invenção que mostra uma alternativa ao diagrama de corrente versus tempo de acordo com a Figura 81.

25 Figura 89 ilustra um diagrama de corrente versus tempo de acordo com um método para magnetizar um eixo de acordo com uma modalidade exemplar da invenção que mostra uma alternativa adicional ao diagrama de corrente versus tempo de acordo com a Figura 81.

Figura 90 mostra uma rede para magnetizar um eixo de acordo com uma modalidade exemplar da invenção.

Figura 91 até Figura 93 ilustram um sensor de fluxo de acordo com uma modalidade exemplar da invenção.

30 Figura 94 ilustra uma bobina de desmagnetização disposta em um dispositivo de sensor.

Figura 95 mostra um diagrama que ilustra a supressão de histe-

rese na dependência do estado de operação da bobina de desmagnetização da Figura 94.

DESCRIÇÃO DETALHADA DE MODALIDADES EXEMPLARES DA INVENÇÃO

- 5 Está descrito um sensor que tem um elemento de sensor tal como um eixo em que o elemento de sensor pode ser fabricado de acordo com as seguintes etapas de fabricação
- aplicar um primeiro pulso de corrente no elemento de sensor;
 - em que o primeiro pulso de corrente é aplicado de modo que
- 10 exista um primeiro fluxo de corrente em uma primeira direção ao longo de um eixo longitudinal do elemento de sensor;
- em que o primeiro pulso de corrente é tal que a aplicação do pulso de corrente gera uma região magneticamente codificada no elemento de sensor.
- 15 Está descrito que um segundo pulso de corrente adicional pode ser aplicado no elemento de sensor. O segundo pulso de corrente pode ser aplicado de modo que exista um segundo fluxo de corrente em uma direção ao longo do eixo longitudinal do elemento de sensor.
- Está descrito que as direções do primeiro e do segundo pulsos
- 20 de corrente podem ser opostas uma à outra. Também, cada um do primeiro e do segundo pulsos de corrente pode ter uma envoltória ascendente e uma envoltória descendente. Por exemplo, a envoltória ascendente é mais íngreme do que a envoltória descendente.
- Acredita-se que a aplicação de um pulso de corrente pode cau-
- 25 sar uma estrutura de campo magnético no elemento de sensor tal que em uma vista em corte transversal do elemento de sensor, existe um primeiro fluxo magnético circular que tem uma primeira direção e um segundo fluxo magnético que tem uma segunda direção. O raio do primeiro fluxo magnético pode ser maior do que o raio do segundo fluxo magnético. Em eixos que tem
- 30 um corte transversal não circular, o fluxo magnético não é necessariamente circular mas pode ter uma forma que corresponde essencialmente a sendo adaptada ao corte transversal do respectivo elemento de sensor.

5 Acredita-se que se nenhum torque for aplicado em um elemento de sensor, não existe nenhum campo magnético ou essencialmente nenhum campo magnético detectável no exterior. Quando um torque ou uma força é aplicado no elemento de sensor, existe um campo magnético emanado do elemento de sensor o qual pode ser detectado por meio de bobinas adequadas. Isto será descrito em mais detalhes a seguir.

10 Um sensor de torque pode ter uma superfície circunferencial que circunda uma região de núcleo do elemento de sensor. O primeiro pulso de corrente é introduzido no elemento de sensor em uma primeira localização na superfície circunferencial de modo que exista um primeiro fluxo de corrente na primeira direção na região de núcleo do elemento de sensor. O primeiro pulso de corrente é descarregado do elemento de sensor em uma segunda localização na superfície circunferencial. A segunda localização está a uma distância na primeira direção da primeira localização. O segundo pulso de corrente pode ser introduzido no elemento de sensor na segunda localização ou adjacente à segunda localização na superfície circunferencial de modo que exista o segundo fluxo de corrente na segunda direção na região de núcleo ou adjacente à região de núcleo no elemento de sensor. O segundo pulso de corrente pode ser descarregado do elemento de sensor na primeira localização ou adjacente à primeira localização na superfície circunferencial.

25 Como já acima indicado, o elemento de sensor pode ser um eixo. A região de núcleo de tal eixo pode estender-se dentro do eixo ao longo de sua extensão longitudinal de modo que a região de núcleo circunde um centro do eixo. A superfície circunferencial do eixo é a superfície externa do eixo. A primeira e a segunda localizações são as respectivas regiões circunferenciais no exterior do eixo. Pode existir um número limitado de porções de contato as quais constituem tais regiões. As regiões de contato reais podem ser providas, por exemplo, pela provisão de regiões de eletrodo feitas de anéis de latão como eletrodos. Também, um núcleo de um condutor pode ser enlaçado ao redor do eixo para prover um bom contato elétrico entre um condutor tal como um cabo sem isolamento e o eixo.

O primeiro pulso de corrente e também o segundo pulso de corrente podem não ser aplicados no elemento de sensor em uma face de extremidade do elemento de sensor. O primeiro pulso de corrente pode ter um máximo entre 40 e 1400 Ampères ou entre 60 e 800 Ampères ou entre 75 e 600 Ampères ou entre 80 e 500 Ampères. O pulso de corrente pode ter um máximo tal que uma codificação apropriada seja causada no elemento de sensor. No entanto, devido a diferentes materiais os quais podem ser utilizados e a diferentes formas do elemento de sensor e diferentes dimensões do elemento de sensor, um máximo de pulso de corrente pode ser ajustado de acordo com estes parâmetros. O segundo pulso pode ter um máximo similar ou pode ter um máximo aproximadamente 10, 20, 30, 40 ou 50% menor do que o primeiro máximo. No entanto, o segundo pulso pode também ter um máximo mais alto tal como 10, 20, 40, 50, 60 ou 80% mais alto do que o primeiro máximo.

Uma duração destes pulsos pode ser a mesma. No entanto, é possível que o primeiro pulso tenha uma duração significativamente mais longa do que o segundo pulso. No entanto, é também possível que o segundo pulso tenha uma duração mais longa do que o primeiro pulso.

O primeiro e/ou segundo pulsos de corrente podem ter uma primeira duração do início do pulso até o máximo e podem ter uma segunda duração do máximo para essencialmente o final do pulso. A primeira duração pode ser significativamente mais longa do que a segunda duração. Por exemplo, a primeira duração pode ser menor do que 300 ms em que a segunda duração pode ser maior do que 300 ms. No entanto, é também possível que a primeira duração seja menor do que 200 ms enquanto que a segunda duração seja maior do que 400 ms. Também, a primeira duração pode estar entre 20 e 150 ms enquanto que a segunda duração pode estar entre 180 e 700 ms.

Como já acima indicado, é possível aplicar uma pluralidade de primeiros pulsos de corrente mas também uma pluralidade de segundos pulsos de corrente. O elemento de sensor pode ser feito de aço enquanto que o aço pode compreender o níquel. O material de sensor utilizado para o sen-

sor primário ou para o elemento de sensor pode ser 50NiCr13 ou X4CrNi13-4 ou X5CrNiCuNb16-4 ou X20CrNi17-4 ou X46Cr13 ou X20Cr13 ou 14NiCr14 ou S155 como apresentado na DIN 1.2721 ou 1.4313 ou 1.4542 ou 1.2787 ou 1.4034 ou 1.4021 ou 1.5752 ou 1.6928.

5 O primeiro pulso de corrente pode ser aplicado por meio de um sistema de eletrodos que tem pelo menos um primeiro eletrodo e um segundo eletrodo. O primeiro eletrodo está localizado na primeira localização ou adjacente à primeira localização e o segundo eletrodo está localizado na segunda localização ou adjacente à segunda localização.

10 Cada um do primeiro e do segundo eletrodos pode ter uma pluralidade de pinos de eletrodo. A pluralidade de pinos de eletrodo de cada um do primeiro e do segundo eletrodos pode estar disposta circunferencialmente ao redor do elemento de sensor de modo que o elemento de sensor seja contactado pelos pinos de eletrodo do primeiro e do segundo eletrodos em
15 uma pluralidade de pontos de contato em uma superfície circunferencial externa do eixo na primeira e na segunda localizações.

Como acima indicado, ao invés de pinos de eletrodo superfícies de eletrodo laminares ou bidimensionais podem ser aplicadas. Por exemplo, as superfícies de eletrodo estão adaptadas a superfícies do eixo de modo
20 que um bom contato entre os eletrodos e o material do eixo possa ser assegurado.

Pelo menos um do primeiro pulso de corrente e pelo menos um do segundo pulso de corrente podem ser aplicados no elemento de sensor de modo que o elemento de sensor tenha uma região magneticamente codificada de modo que em uma direção essencialmente perpendicular a uma
25 superfície do elemento de sensor, a região magneticamente codificada do elemento de sensor tenha uma estrutura de campo magnético tal que exista um primeiro fluxo magnético em uma primeira direção e um segundo fluxo magnético em uma segunda direção. A primeira direção pode ser oposta à
30 segunda direção.

Em uma vista em corte transversal do elemento de sensor, pode existir um primeiro fluxo magnético circular que tem a primeira direção e um

primeiro raio e um segundo fluxo magnético circular que tem a segunda direção e um segundo raio. O primeiro raio pode ser maior do que o segundo raio.

- 5 Mais ainda, os elementos de sensor podem ter uma primeira zona de pinagem adjacente à primeira localização e uma segunda zona de pinagem adjacente à segunda localização.

- 10 As zonas de pinagem podem ser fabricadas de acordo com o seguinte método de fabricação. De acordo com este método, para formar a primeira zona de pinagem, na primeira localização ou adjacente à primeira localização, um terceiro pulso de corrente é aplicado sobre a superfície circunferencial do elemento de sensor de modo que exista um terceiro fluxo de corrente na segunda direção. O terceiro fluxo de corrente é descarregado do elemento de sensor em uma terceira localização a qual está deslocada da primeira localização na segunda direção.

- 15 Para formar a segunda zona de pinagem, na segunda localização ou adjacente à segunda localização, um quarto pulso de corrente pode ser aplicado sobre a superfície circunferencial no elemento de sensor de modo que exista um quarto fluxo de corrente na primeira direção. O quarto fluxo de corrente é descarregado em uma quarta localização a qual está
20 deslocada da segunda localização na primeira direção.

- 25 Um sensor de torque pode ser provido que compreende um primeiro elemento de sensor com uma região magneticamente codificada em que o primeiro elemento de sensor tem uma superfície. Em uma direção essencialmente perpendicular à superfície do primeiro elemento de sensor, a região magneticamente codificada do primeiro elemento de sensor pode ter
uma estrutura de campo magnético tal que exista um primeiro fluxo magnético em uma primeira direção e um segundo fluxo magnético em uma segunda direção. A primeira e a segunda direções podem ser opostas uma à outra.

- 30 O sensor de torque pode ainda compreender um segundo elemento de sensor com pelo menos um detector de campo magnético. O segundo elemento de sensor pode estar adaptado para detectar as variações

na região magneticamente codificada. Mais precisamente, o segundo elemento de sensor pode estar adaptado para detectar as variações em um campo magnético emitido da região magneticamente codificada do primeiro elemento de sensor.

- 5 A região magneticamente codificada pode estender-se longitudinalmente ao longo de uma seção do primeiro elemento de sensor, mas não estende-se de uma face de extremidade do primeiro elemento de sensor até a outra face de extremidade do primeiro elemento de sensor. Em outras palavras, a região magneticamente codificada não estende-se ao longo de todo o primeiro elemento de sensor mas somente ao longo de uma sua seção.

- 10 O primeiro elemento de sensor pode ter variações no material do primeiro elemento de sensor causadas por pelo menos um pulso ou pico de corrente aplicado no primeiro elemento de sensor para alterar a região magneticamente codificada ou para gerar a região magneticamente codificada.
- 15 Tais variações no material podem ser causadas, por exemplo, por resistências de contato diferentes entre os sistemas de eletrodos para aplicar os pulsos de corrente e a superfície do respectivo elemento de sensor. Tais variações podem, por exemplo, ser marcas de queimadura ou variações de cor ou sinais de um recozimento.

- 20 As variações podem estar em uma superfície externa do elemento de sensor e não nas faces de extremidade do primeiro elemento de sensor já que os pulsos de corrente são aplicados na superfície externa do elemento de sensor mas não nas suas faces de extremidade.

- 25 Um eixo para um sensor magnético pode ser provido que tem, em um corte transversal, pelo menos dois laços magnéticos circulares que correm em direções opostas. Tal eixo é acreditado ser fabricado de acordo com o método de fabricação acima descrito.

- Mais ainda, um eixo pode estar provido que tem pelo menos dois laços magnéticos circulares os quais estão dispostos concetricamente.

- 30 Um eixo para um sensor de torque pode estar provido o qual é fabricado de acordo com as seguintes etapas de fabricação onde primeiramente um primeiro pulso de corrente é aplicado no eixo. O primeiro pulso de

corrente é aplicado no eixo de modo que exista um primeiro fluxo de corrente em uma primeira direção ao longo de um eixo longitudinal do eixo. O primeiro pulso de corrente é tal que a aplicação do pulso de corrente gera uma região magneticamente codificada no eixo. Isto pode ser feito pela utilização de um sistema de eletrodos como acima descrito e pela aplicação de pulsos de corrente como acima descrito.

Um sistema de eletrodos pode estar provido para aplicar picos de corrente em um elemento de sensor para um sensor de torque, o sistema de eletrodos tendo pelo menos um primeiro eletrodo e um segundo eletrodo em que o primeiro eletrodo está adaptado para localização em uma primeira localização sobre uma superfície externa do elemento de sensor. Um segundo eletrodo está adaptado para localização em uma segunda localização sobre a superfície externa do elemento de sensor. O primeiro e o segundo eletrodos estão adaptados para aplicar e descarregar pelo menos um pulso de corrente na primeira e na segunda localizações de modo que os fluxos de corrente dentro da região de núcleo do elemento de sensor são causados. O pelo menos um pulso de corrente é tal que uma região magneticamente codificada é gerada em uma seção do elemento de sensor.

O sistema de eletrodos pode compreender pelo menos dois grupos de eletrodos, cada um compreendendo uma pluralidade de pinos de eletrodo. Os pinos de eletrodo de cada eletrodo estão dispostos em um círculo de modo que o elemento de sensor seja contactado pelos pinos de eletrodo do eletrodo em uma pluralidade de pontos de contato em uma superfície externa do elemento de sensor.

A superfície externa do elemento de sensor não inclui as faces de extremidade do elemento de sensor.

A Figura 1 mostra uma modalidade exemplar de um sensor de torque de acordo com a presente invenção. O sensor de torque compreende um primeiro elemento de sensor ou eixo 2 que tem um corte transversal retangular. O primeiro elemento de sensor 2 estende-se essencialmente ao longo da direção indicada com X. Em uma porção média do primeiro elemento de sensor 2, existe a região codificada 4. A primeira localização está

indicada pelo número de referência 10 e indica uma extremidade da região codificada e uma segunda localização está indicada pelo número de referência 12 o qual indica outra extremidade da região codificada ou da região a ser magneticamente codificada 4. As setas 14 e 16 indicam a aplicação de um pulso de corrente. Como indicado na Figura 1, um primeiro pulso de corrente é aplicado no primeiro elemento de sensor 2 em uma região externa adjacente ou próxima da primeira localização 10. Por exemplo, como será posteriormente descrito em detalhes adicionais, a corrente é introduzida no primeiro elemento de sensor 2 em uma pluralidade de pontos ou regiões próximas da primeira localização e por exemplo circundando a superfície externa do primeiro elemento de sensor 2 ao longo da primeira localização 10. Como indicado com a seta 16, o pulso de corrente é descarregado do primeiro elemento de sensor 2 próximo ou adjacente ou na segunda localização 12, por exemplo, em uma pluralidade de localizações ao longo da extremidade da região 4 a ser codificada. Como já anteriormente indicado, uma pluralidade de pulsos de corrente pode ser aplicada em sucessão, estes podem ter direções alternadas da localização 10 para a localização 12 ou da localização 12 para a localização 10.

O número de referência 6 indica um segundo elemento de sensor o qual é por exemplo uma bobina conectada a uma eletrônica de controlador 8. A eletrônica de controlador 8 pode estar adaptada para processar adicionalmente um sinal emitido pelo segundo elemento de sensor 6 de modo que um sinal de saída possa emitir do circuito de controle que corresponde a um torque aplicado no primeiro elemento de sensor 2. O circuito de controle 8 pode ser um circuito analógico ou digital. O segundo elemento de sensor 6 está adaptado para detectar um campo magnético emitido pela região codificada 4 do primeiro elemento de sensor.

Acredita-se que, como já acima indicado, se não existir uma tensão ou uma força aplicada no primeiro elemento de sensor 2, não existe essencialmente nenhum campo detectado pelo segundo elemento de sensor 6. No entanto, no caso de uma tensão ou uma força ser aplicada no elemento de sensor primário 2, existe uma variação no campo magnético emitido pela

região codificada de modo que um aumento de um campo magnético de presença de praticamente nenhum campo é detectado pelo segundo elemento de sensor 6.

5 Precisa ser notado que de acordo com outras modalidades exemplares da presente invenção, mesmo se não existir nenhuma tensão aplicada no primeiro elemento de sensor, pode ser possível que exista um campo magnético detectável fora ou adjacente à região codificada 4 do primeiro elemento de sensor 2. No entanto, deve ser notado que uma tensão aplicada no primeiro elemento de sensor 2 causa uma variação do campo magnético emitido pela região codificada 4.

10 A seguir, com referência às Figuras 2a, 2b, 3, 3b e 4, um método para fabricar um sensor de torque de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção será descrito. Especificamente, o método refere-se à magnetização da região magneticamente codificada 4 do primeiro elemento de sensor 2.

15 Como pode ser visto da Figura 2a, uma corrente I é aplicada em uma região de extremidade de uma região 4 a ser magneticamente codificada. Esta região de extremidade como já acima indicada está indicada com o número de referência 10 e pode ser uma região circunferencial sobre a superfície externa do primeiro elemento de sensor 2. A corrente I é descarregada do primeiro elemento de sensor 2 em outra área de extremidade da região magneticamente codificada (ou da região a ser magneticamente codificada) a qual está indicada pelo número de referência 12 e também referida como uma segunda localização. A corrente é tomada do primeiro elemento de sensor em uma sua superfície externa, por exemplo circunferencialmente em regiões próximas ou adjacentes à localização 12. Como indicado pela linha tracejada entre as localizações 10 e 12, a corrente I introduzida na ou ao longo da localização 10 no primeiro elemento de sensor flui através de uma região de núcleo ou paralela a uma região de núcleo para a localização 12. Em outras palavras, a corrente I flui através da região 4 a ser codificada no primeiro elemento de sensor 2.

A Figura 2b mostra uma vista em corte transversal ao longo de

AA'. Na representação esquemática da Figura 2b, o fluxo de corrente está indicado no plano da Figura 2b como uma cruz. Aqui, o fluxo de corrente está indicado em uma porção central da corte transversal do primeiro elemento de sensor 2. Acredita-se que esta introdução de um pulso de corrente
5 que tem uma forma como acima descrito ou a seguir e que tem um máximo como acima descrito ou a seguir causa uma estrutura de fluxo magnético 20 na vista em corte transversal com uma direção de fluxo magnético em uma direção aqui na direção horária. A estrutura de fluxo magnético 20 apresentada na Figura 2b está apresentada essencialmente circular. No entanto, a
10 estrutura de fluxo magnético 20 pode ser adaptada à corte transversal real do primeiro elemento de sensor 2 e pode ser, por exemplo, mais elíptica.

As Figuras 3a e 3b mostram uma etapa do método de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção a qual pode ser aplicada após a etapa apresentada nas Figuras 2a e 2b. A Figura 3a mostra um
15 primeiro elemento de sensor de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção com a aplicação de um segundo pulso de corrente e a Figura 3b mostra uma vista em corte transversal ao longo de BB' do primeiro elemento de sensor 2.

Como pode ser visto da Figura 3a em comparação com a Figura
20 2a, na Figura 3a, a corrente I indicada pela seta 16 é introduzida no elemento de sensor 2 na ou a adjacente à localização 12 e é descarregada ou tomada do elemento de sensor 2 na ou adjacente à localização 10. Em outras palavras, a corrente é descarregada na Figura 3a em uma localização onde esta foi introduzida na Figura 2a e vice-versa. Assim, a introdução e a des-
25 carga da corrente I no primeiro elemento de sensor 2 na Figura 3a pode causar uma corrente através da região 4 a ser magneticamente codificada oposta ao respectivo fluxo de corrente na Figura 2a.

A corrente está indicada na Figura 3b em uma região de núcleo do elemento de sensor 2. Como pode ser visto de uma comparação das Fi-
30 guras 2b e 3b, a estrutura de fluxo magnético 22 tem uma direção oposta à estrutura de fluxo de corrente 20 na Figura 2b.

Como anteriormente indicado, as etapas apresentadas nas Figu-

ras 2, 2b e 3a e 3b podem ser aplicadas individualmente ou podem ser aplicadas em sucessão uma à outra. Quando primeiramente, a etapa apresentada nas Figuras 2a e 2b é executada e então a etapa apresentada nas Figuras 3a e 3b, uma estrutura de fluxo magnético como apresentado na vista em corte transversal através da região codificada 4 apresentada na Figura 4 pode ser causada. Como pode ser visto da Figura 4, as duas estruturas de fluxo de corrente 20 e 22 estão codificadas na região codificada juntas. Assim, em uma direção essencialmente perpendicular a uma superfície do primeiro elemento de sensor 2, em uma direção do núcleo do elemento de sensor 2, existe um primeiro fluxo magnético que tem uma primeira direção e então subjacente existe um segundo fluxo magnético que tem uma segunda direção. Como indicado na Figura 4, as direções de fluxo podem ser opostas uma a outra.

Assim, se não existir nem um torque aplicado no primeiro elemento de sensor de torque 2, as duas estruturas de fluxo magnético 20 e 22 podem cancelar uma à outra de modo que não exista essencialmente nenhum campo magnético no exterior da região codificada. No entanto, no caso em que uma tensão ou uma força é aplicada no primeiro elemento de sensor 2, as estruturas de campo magnético 20 e 22 cessam de cancelar uma à outra de modo que existe um campo magnético que ocorre no exterior da região codificada o qual pode então ser detectado por meio do elemento de sensor secundário 6. Isto será a seguir descrito em detalhes adicionais.

A Figura 5 mostra outra modalidade exemplar de um primeiro elemento de sensor 2 de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção como pode ser utilizado em um sensor de torque de acordo com uma modalidade exemplar o qual é fabricado de acordo com um método de fabricação de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção. Como pode ser visto da Figura 5, o primeiro elemento de sensor 2 tem uma região codificada 4 a qual é por exemplo codificada de acordo com as etapas e as disposições apresentadas nas Figuras 2a, 2b, 3a, 3b e 4.

Adjacentes às localizações 10 e 12, estão providas as regiões de pinagem 42 e 44. Estas regiões 42 e 44 são providas para evitar uma

dispersão da região codificada 4. Em outras palavras, as regiões de pinagem 42 e 44 podem permitir um início e um fim mais definido da região codificada 4.

Em resumo, a primeira região de pinagem 42 pode estar adaptada para introduzir uma corrente 38 próximo ou adjacente da primeira localização 10 no primeiro elemento de sensor 2 no mesmo modo como descrito, por exemplo, com referência à Figura 2a. No entanto, a corrente I é descarregada do primeiro elemento de sensor 2 em uma primeira localização 30 a qual está a uma distância da extremidade da região codificada próxima ou na localização 10. Esta localização adicional está indicada pelo número de referência 30. A introdução deste pulso de corrente I adicional está indicada pela seta 38 e a sua descarga está indicada pela seta 40. Os pulsos de corrente podem ter o mesmo máximo de modelagem de forma como acima descrito.

Para gerar a segunda região de pinagem 44, uma corrente é introduzida no primeiro elemento de sensor 2 em uma localização 32 a qual está a uma distância da extremidade da região codificada 4 próxima ou adjacente à localização 12. A corrente é então descarregada do primeiro elemento de sensor 2 na ou próximo da localização 12. A introdução do pulso de corrente I está indicada pelas setas 34 e 36.

As regiões de pinagem 42 e 44 por exemplo são tais que as estruturas de fluxo magnético destas regiões de pinagem 42 e 44 são opostas às respectivas estruturas de fluxo magnético adjacentes na região codificada 4 adjacente. Como pode ser visto da Figura 5 as regiões de pinagem podem ser codificadas no primeiro elemento de sensor 2 após a codificação ou a codificação completa da região codificada 4.

A Figura 6 mostra outra modalidade exemplar da presente invenção onde não existe nenhuma região de codificação 4. Em outras palavras, de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção, as regiões de pinagem podem ser codificadas no primeiro elemento de sensor 2 antes da codificação real da região magneticamente codificada 4.

A Figura 7 mostra um fluxograma simplificado de um método

para fabricar um primeiro

elemento de sensor 2 para um sensor de torque de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Após o início na etapa S1, o método continua para a etapa S2
5 onde um primeiro pulso é aplicado como descrito com referência às Figuras 2a e 2b. Então, após a etapa S2, o método continua para a etapa S3 onde um segundo pulso é aplicado como descrito com referência às Figuras 3a e 3b.

Então, o método continua para a etapa S4 onde é decidido se as
10 regiões de pinagem devem codificadas no primeiro elemento de sensor 2 ou não. Se for decidido na etapa S4 que não existirão as regiões de pinagem, o método continua diretamente para a etapa S7 onde este termina.

Se for decidido na etapa S4 que as regiões de pinagem devem
ser codificadas no primeiro elemento de sensor 2, o método continua para
15 etapa S5 onde um terceiro pulso é aplicado na região de pinagem 42 na direção indicada pelas setas 38 e 40 e na região de pinagem 44 indicada pelas setas 34 e 36. Então, o método continua para a etapa S6 onde pulsos de força são aplicados nas respectivas regiões de pinagem 42 e 44. Para a região de pinagem 42, um pulso de força é aplicado tendo uma direção oposta
20 à direção indicada pelas setas 38 e 40. Também, na região de pinagem 44, um pulso de força é aplicado na região de pinagem que tem uma direção oposta às setas 34 e 36. Então, o método continua para a etapa S7 onde este termina.

Em outras palavras, por exemplo dois pulsos são aplicados para
25 a codificação da região magneticamente codificada 4. Estes pulsos de corrente por exemplo tem uma direção oposta. Além disso, dois pulsos que respectivamente tem respectivas direções são aplicados na região de pinagem 42 e na região de pinagem 44.

A Figura 8 mostra um diagrama de corrente versus tempo dos
30 pulsos aplicados na região magneticamente codificada 4 e nas regiões de pinagem. A direção positiva do eixo geométrico y do diagrama na Figura 8 indica um fluxo de corrente na direção x e a direção negativa do eixo geomé-

trico y da Figura 8 indica um fluxo de corrente na direção y.

Como pode ser visto da Figura 8 para codificar a região magneticamente codificada 4, primeiramente um pulso de corrente é aplicado que tem uma direção na direção x. Como pode ser visto da Figura 8, a envoltória ascendente do pulso é muito íngreme enquanto que a envoltória descendente tem uma direção relativamente longa em comparação com a direção da envoltória ascendente. Como apresentado na Figura 8, o pulso pode ter um máximo de aproximadamente 75 Ampères. Em outras aplicações, o pulso pode não ser tão íngreme como apresentado na Figura 8. No entanto, a borda ascendente poderia ser mais íngreme ou poderia ter uma duração mais curta do que a envoltória descendente.

Então, um segundo pulso é aplicado na região codificada 4 que tem uma direção oposta. O pulso pode ter a mesma forma que o primeiro pulso. No entanto, um máximo do segundo pulso pode também diferir do máximo do primeiro pulso. Apesar de que a forma imediata do pulso pode ser diferente.

Então, para codificar as regiões de pinagem, pulsos similares ao primeiro e ao segundo pulsos podem ser aplicados nas regiões de pinagem como descrito com referência às Figuras 5 e 6. Tais pulsos podem ser aplicados nas regiões de pinagem simultaneamente mas também sucessivamente para cada região de pinagem. Como apresentado na Figura 8, os pulsos podem ter essencialmente a mesma forma que o primeiro e o segundo pulsos. No entanto, um máximo pode ser menor.

A Figura 9 mostra outra modalidade exemplar de um primeiro elemento de sensor de um sensor de torque de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção que mostra uma disposição de eletrodo para aplicar os pulsos de corrente para codificar a região magneticamente codificada 4. Como pode ser visto da Figura 9, um condutor sem um isolamento pode ser enlaçado ao redor do primeiro elemento de sensor 2 o qual, como pode ser visto da Figura 9, pode ser um eixo circular que tem uma corte transversal circular. Para assegurar uma montagem ajustada do condutor sobre a superfície externa do primeiro elemento de sensor 2, o condutor po-

de ser preso como mostrado pelas setas 64.

A Figura 10a mostra outra modalidade exemplar de um primeiro elemento de sensor de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção. Mais ainda, a Figura 10a mostra outra modalidade exemplar de um sistema de eletrodos de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção. O sistema de eletrodos 80 e 82 apresentado na Figura 10a contacta o primeiro elemento de sensor 2 o qual tem uma corte transversal triangular com dois pontos de contato em cada fase do primeiro elemento de sensor triangular em cada lado da região 4 a qual deve ser codificada como a região magneticamente codificada. No todo, existem seis pontos de contato em cada lado da região 4. Os pontos de contato individuais podem estar conectados uns nos outros e então conectados em um ponto de contato individual.

Se existir somente um número limitado de pontos de contato entre o sistema de eletrodos e o primeiro elemento de sensor 2 e se os pulsos de corrente aplicados forem muito altos, as diferentes resistências de contato entre os contatos dos sistemas de eletrodos e o material do primeiro elemento de sensor 2 podem causar marcas de queimadura no primeiro elemento de sensor 2 no ponto de contato dos sistemas de eletrodos. Estas marcas de queimadura 90 podem ser mudanças de cor, podem ser pontos de solda, podem ser áreas recozidas ou podem simplesmente ser marcas de queimadura. De acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção, o número de pontos de contato é aumentado ou mesmo uma superfície de contato é provida de modo que tais marcas de queimadura 90 possam ser evitadas.

A Figura 11 mostra outra modalidade exemplar de um primeiro elemento de sensor 2 o qual é um eixo que tem uma corte transversal circular de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção. Como pode ser visto da Figura 11, a região magneticamente codificada está em uma região de extremidade do primeiro elemento de sensor 2. De acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção, a região magneticamente codificada 4 não estende-se ao longo do comprimento total do primei-

ro elemento de sensor 2. Como pode ser visto da figura 11, esta pode estar localizada em uma sua extremidade. No entanto, precisa ser notado que de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção, os pulsos de corrente são aplicados de uma superfície circunferencial externa do primeiro elemento de sensor 2 e não da face de extremidade 100 do primeiro elemento de sensor 2.

A seguir, a assim denominada Tecnologia de Detecção de PCME ("Codificação Modulada de Corrente de Pulso") será descrita em detalhes, a qual pode, de acordo com uma modalidade exemplar da invenção, ser implementada para magnetizar um objeto magnetizável o qual é então parcialmente desmagnetizado de acordo com a invenção. A seguir, a tecnologia de PCME será parcialmente descrita no contexto de detecção de torque. No entanto, este conceito pode ser implementado no contexto de detecção de posição também.

Nesta descrição, existe um número de acrônimos utilizados já que de outro modo algumas explicações e descrições podem ser difíceis de ler. Apesar dos acrônimos "ASIC", "IC", e "PCB" já serem definições padrão do mercado, existem muitos termos que estão especificamente relacionados à tecnologia de detecção de NCT baseada em magnetostrição. Deve ser notado que nesta descrição, onde existe uma referência à tecnologia de NCT ou à PCME, esta está referida a modalidades exemplares da presente invenção.

A Tabela 1 mostra uma lista de abreviações utilizadas na descrição seguinte da tecnologia de PCME

25 Tabela 1: Lista de Abreviações

Acrônimo	Descrição	Categoria
ASIC	IC de Aplicação Específica	Eletrônica
DF	Campo Duplo	Sensor Primário
EMF	Campo Magnético Terrestre	Critérios de Teste
30 FS	Escala Total	Critérios de Teste
Hot-Spotting	Sensibilidade a material	

		Ferromagnético próximo	Especificação
	IC	Circuito Integrado	Eletrônica
	MFS	Sensor de Campo Magnético	Sensor
	<u>Componente</u>		
5	NCT	Torque Sem Contato	Tecnologia
	PCB	Placa de Circuito Impresso	Eletrônica
	PCME	Codificação Modulada de Corrente de Pulso	Tecnologia
	POC	Prova de Conceito	
10	RSU	Uniformidade de Sinal Rotacional	Especificação
	SCSP	Condicionamento de Sinal & Processamento de Sinal	Eletrônica
	SF	Campo Único	Sensor Primário
	SH	Hospedeiro de Sensor	Sensor Primário
15	SPHC	Campo de Retenção de Processamento de Eixo	Ferram. de Processam.
	SSU	Unidade de Sensor Secundário	Componente de Sensor
20	A tecnologia de detecção de tensão mecânica baseada em princípio magnético permite projetar e produzir uma ampla faixa de "sensores de parâmetro físico" (como Detecção de Força, Detecção de Torque, e Análise de Diagnóstico de Material) que podem ser aplicados onde os materiais Ferromagnéticos são utilizados. As tecnologias mais comuns utilizadas para construir os sensores "baseados em princípio magnético" são: a medição de deslocamento diferencial indutivo, (requer um eixo de torção), a medição das		
25	mudanças da permeabilidade dos materiais, e a medição dos efeitos de magnetostrição.		

Durante os últimos 20 anos um número de diferentes companhias desenvolveram a sua própria e muito específica solução de como projetar e como produzir o sensor de torque baseado em princípio magnético (isto é,

30 ABB, FAST, Fraunhofer Institute, FT, Kubota, MDI, NCTE, RM, Siemens, e outros). Estas tecnologias estão em vários estágios de desenvolvimento e diferem em "como isto funciona", o desempenho atingível, a confiabilidade

dos sistemas, e o custo de fabricação/sistema.

Algumas destas tecnologias requerem que mudanças mecânicas sejam feitas no eixo onde o torque deve ser medido (divisas), ou baseiam-se no efeito de torção mecânica (requer um eixo longo que torce sob o torque), ou que alguma coisa será presa no próprio eixo (montar por pressão um anel de certas propriedades na superfície do eixo), ou revestir a superfície do eixo com uma substância especial. Ninguém até agora dominou um processo de fabricação de alto volume que possa ser aplicado em (quase) qualquer tamanho de eixo, conseguindo tolerâncias de desempenho apertadas, e não esteja baseado em patentes de tecnologia já existentes.

A seguir, um princípio de magnetostrição com base na Tecnologia de Detecção de Torque Sem Contato (NCT) é descrito que oferece ao usuário um grande conjunto de novas características e desempenhos aperfeiçoados, anteriormente não-disponíveis. Esta tecnologia permite a execução de uma medição de torque totalmente integrada (pequena em espaço), em tempo real (alta largura de banda de sinal), a qual é confiável e pode ser produzida a um custo disponível, em quaisquer quantidades desejadas. Esta tecnologia é denominada: PCME (para Codificação Modulada de Corrente de Pulso) ou Sensor de Torque Transversal de Magnetostrição.

A tecnologia de PCME pode ser aplicada ao eixo sem fazer nenhuma mudança mecânica no eixo, ou sem prender nada no eixo. Mais importante, a tecnologia de PCME pode ser aplicada em qualquer diâmetro de eixo (a maioria das outras tecnologias tem aqui uma limitação) e não precisa girar/rodar em alta velocidade o eixo durante o processo de codificação (um processo de fabricação muito simples e de baixo custo) o que torna esta tecnologia muito aplicável para as aplicações de alto volume.

A seguir, uma Estrutura de Campo Magnético (Princípio de Sensor) será descrita.

A vida útil do sensor depende de um projeto de campo magnético de "laço fechado". A tecnologia de PCME está baseada em duas estruturas de campo magnético, armazenadas uma por cima da outra, e que correm em direções opostas. Quando nenhuma tensão de torque ou tensão de

movimento é aplicada no eixo (também denominado Hospedeiro de Sensor, ou SH) então o SH atuará magneticamente neutro (nenhum campo magnético pode ser detectado no exterior do SH).

5 A Figura 12 mostra que dois campos magnéticos estão armazenados no eixo e correndo em círculos sem fim. O campo externo corre em uma direção, enquanto que o campo interno corre na direção oposta.

A Figura 13 ilustra que a tecnologia de detecção de PCME utiliza dois laços de campo magnético Contra Circular que estão armazenados um no topo do outro (modo de Picky-Back).

10 Quando uma tensão mecânica (como um movimento alternante ou um torque) é aplicado em ambas as extremidades do SH (Hospedeiro de Sensor, ou Eixo) magnetizado de PCME então as linhas de fluxo magnético de ambas as estruturas (ou laços) magnéticas inclinarão em proporção ao torque aplicado.

15 Como ilustrado na Figura 14, quando nenhuma tensão mecânica é aplicada no SH as linhas de fluxo magnético estão correndo no seu percurso original. Quando tensões mecânicas são aplicadas as linhas de fluxo magnético inclinam em proporção à tensão aplicada (como um movimento linear ou um torque).

20 Dependendo da direção de torque aplicado (no sentido horário ou anti-horário, em relação ao SH) as linhas de fluxo magnético ou inclinarão para a direita ou inclinarão para a esquerda. Onde as linhas de fluxo magnético atingem o limite da região magneticamente codificada, as linhas de fluxo magnético da camada superior se unirão com as linhas de fluxo magnético da camada inferior e vice versa. Isto então formará uma forma toroidal per-

25 feitamente controlada.

Os benefícios de uma tal estrutura magnética são:

- Estruturas de campo magnético parasíticas reduzidas (quase eliminadas) quando uma tensão mecânica é aplicada no SH (isto resultará

30 em melhores desempenhos de RSU).

- Rampa de Sinal de Saída de Sensor mais alta já que existem duas camadas "ativas" que complementam uma à outra quando gerando um

sinal relativo a tensão mecânica. Explicação: Quando utilizando um projeto de sensor de camada única, as linhas de fluxo magnético "inclinadas" que saem no limite de região de codificação precisam criar uma "passagem de retorno" de um lado do limite para o outro. Este esforço efetua quanto sinal está disponível para ser detectado e medido fora do SH com a unidade de sensor secundária.

- Não existe praticamente nenhuma limitação nas dimensões do SH (eixo) onde a tecnologia de PCME será aplicada. A estrutura de campo magnético de camada dupla pode ser adaptada para quaisquer dimensões de eixo sólido ou oco.

- As dimensões físicas e os desempenhos de sensor são programáveis em uma faixa muito ampla e portanto podem ser modelados para a aplicação destinada.

- Este projeto de sensor permite medir as tensões mecânicas que vem de todos os três eixos geométricos de dimensões, incluindo as forças em linha aplicadas no eixo (aplicável como uma célula de carga). Explicação: Os projetos de sensor de magnetostrição anteriores (por exemplo da Tecnologia FAST) tem sido limitados a serem sensíveis em somente dois eixos geométricos dimensionais, e não podiam medir as forças em linha.

Referindo à Figura 15, quando um torque é aplicado ao SH, as linhas de fluxo magnético de ambos os laços magnéticos Contra Circulares estão conectando umas às outras nos limites de região de sensor.

Quando uma tensão de torque mecânico é aplicada no SH então o campo magnético não mais correrá ao redor em círculos mais inclinará ligeiramente em proporção à tensão de torque aplicada. Isto fará com que as linhas de campo magnético de uma camada conectem nas linhas de campo magnético na outra camada, e com isto formam uma forma toroidal.

Referindo à Figura 16, uma apresentação exagerada está mostrada de como a linha de fluxo magnético formará uma estrutura toroidal inclinada quando altos níveis de torque são aplicados no SH.

A seguir, as características e benefício do Processo de Codificação de PCM (PCME) serão descritas.

A tecnologia de detecção de NCT de magnetostrição da NCTE de acordo com a presente invenção oferece características de detecção de alto desempenho como:

- Nenhuma mudança mecânica requerida no Hospedeiro de Sensor (os eixos já existentes podem ser utilizados como são)
- Nada precisa ser preso no Hospedeiro de Sensor (portanto nada pode cair ou mudar ao longo da vida útil do eixo = alto MTBF)
- Durante a medição o SH pode girar, alternar ou mover em qualquer velocidade desejada (sem limitações de rtm)
- Muito bom desempenho de RSU (Uniformidade de Sinal Rotacional)
- Excelente linearidade de medição (até 0,01% de FS)
- Alta repetitibilidade de medição
- Resolução de sinal muito alta (melhor do que 14 bits)
- Largura de banda de sinal muito alta (melhor do que 10 kHz)

Dependendo do tipo escolhido de tecnologia de detecção de magnetostrição, e do projeto de sensor físico escolhido, o eixo de transmissão de energia mecânica (também denominado "Hospedeiro de Sensor" ou abreviado "SH") pode ser usado "como está" sem fazer nenhuma mudança mecânica neste ou sem prender nada no eixo. Isto é então denominado um princípio de medição de Torque Sem Contato "verdadeiro" permitindo que o eixo gire livremente em qualquer velocidade desejada em ambas as direções.

O processo de fabricação de Codificação de PCM (PCME) aqui descrito de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção provê característica adicional que nenhuma outra tecnologia de magnetostrição pode oferecer (Exclusividade desta tecnologia):

- Uma força de sinal mais do que três vezes em comparação com os processos de codificação de magnetostrição alternativos (como o processo de "RS" da FAST).
- Um processo de carregamento de eixo fácil e simples (alto rendimento de fabricação).

- Nenhum componente móvel durante o processo de codificação magnética (equipamento de fabricação de baixa complexidade = alto MTBF, e custo mais baixo).

5 - O processo permite que o sensor de NCT seja de "sintonia fina" para conseguir uma precisão alvo de uma fração de um por cento.

- O processo de fabricação permite um "pré-processamento" e "pós-processamento" de eixo no mesmo ciclo de processo (alto rendimento de fabricação)

10 - A tecnologia de detecção e o processo de fabricação é de razão métrica e portanto são aplicáveis a todos os diâmetros de eixo ou de tubo.

- O processo de Codificação de PCM pode ser aplicado enquanto o SH já está montado (dependendo da acessibilidade) (amigável para a manutenção).

15 - O sensor final é insensível aos movimentos axiais de eixo (o movimento axial de eixo permissível real depende do "comprimento" físico da região magneticamente codificada).

20 - O SH magneticamente codificado permanece neutro e tem pouco ou nenhum campo magnético quando nenhuma força (como um torque) é aplicada no SH.

- Sensível as forças mecânicas em todos os três eixos geométricos dimensionais.

A seguir, a Distribuição de Fluxo Magnético no SH será descrita.

25 A tecnologia de processamento de PCME está baseada na utilização de correntes elétricas, que passam através do SH (Hospedeiro de Sensor ou Eixo) para conseguir a codificação magnética permanente desejada do material Ferromagnético. Para conseguir o desempenho e as características de sensor desejados uma corrente elétrica muito específica e bem controlada é requerida. As experiências anteriores que usaram as correntes
30 CC falharam devido à falta de compreensão de quão pequenas quantidades e grandes quantidades de corrente elétrica CC estão deslocando-se através de um condutor (neste caso "o condutor" é o eixo de transmissão de energia

mecânica, também denominado Hospedeiro de Sensor ou abreviado "SH").

Referindo à Figura 17, uma densidade de corrente elétrica assumida em um condutor está ilustrada.

É amplamente assumido que a densidade de corrente elétrica em um condutor está uniformemente distribuída ao longo da corte transversal inteira do condutor quando uma corrente elétrica (CC) passa através do condutor.

Referindo à Figura 18, uma pequena corrente elétrica que forma um campo magnético que amarra o percurso de corrente em um condutor está mostrada.

É a nossa experiência que quando uma pequena quantidade de corrente elétrica (CC) está passando através do condutor que a densidade de corrente é mais alta no centro do condutor. As duas principais razões para isto são: A corrente elétrica que passa através de um condutor gera um campo magnético que está amarrando o percurso de corrente no centro do condutor, e a impedância é a menor no centro do condutor.

Referindo à Figura 19, um fluxo típico de pequenas correntes elétricas em um condutor está ilustrado.

Na realidade, no entanto, a corrente elétrica não pode fluir em uma linha "reta" de um pólo de conexão para o outro (similar à forma do raio elétrico no céu).

Em um certo nível de corrente elétrica o campo magnético gerado é grande o bastante para causar uma magnetização permanente do material de eixo Ferromagnético. Como a corrente elétrica está fluindo próximo do ou no centro do SF, o campo magnético permanentemente armazenado residirá na mesma localização: próximo do ou no centro do SH. Quando agora aplicando um torque mecânico ou uma força linear para a oscilação/alternação do eixo, o campo magnético internamente armazenado no eixo responderá pela inclinação de seu percurso de fluxo magnético de acordo com a força mecânica aplicada. Como o campo magnético permanentemente armazenado encontra-se profundamente abaixo da superfície de eixo os efeitos mensuráveis são muito pequenos, não uniformes e portanto

não-suficientes para construir um sistema de sensor de NCT confiável.

Referindo à Figura 20, uma densidade de corrente uniforme em um condutor em um nível de saturação está mostrada.

Somente no nível de saturação está a densidade de corrente elétrica (quando aplicando CC) uniformemente distribuída na corte transversal inteira do condutor. A quantidade de corrente elétrica para atingir este nível de saturação é extremamente alta e está principalmente influenciada pela corte transversal e a condutividade (impedância) do condutor utilizado.

Referindo à Figura 21, a corrente elétrica que desloca-se sob a ou na superfície do condutor (Efeito peculiar) está mostrada.

É também amplamente assumido que quando passando uma corrente alternada (como um sinal de frequência de rádio) através de um condutor o sinal está passando através das camadas de superfície do condutor, denominado o Efeito peculiar. A frequência escolhida da corrente alternada define a "localização/posição" e "profundidade" do Efeito peculiar. Em altas frequências a corrente elétrica se deslocará exatamente na ou próximo da superfície do condutor (A) enquanto que nas frequências mais baixas (nas regiões de 5 a 10 Hz para um SH de 20 mm de diâmetro) a corrente elétrica alternada penetrará mais no centro da corte transversal do eixo (E). Também, a densidade de corrente relativa é mais alta nas regiões ocupadas por corrente em frequências de CA mais altas em comparação com a densidade de corrente relativa próxima do centro do eixo em frequências de CA muito baixas (já que existe mais espaço disponível para a corrente fluir).

Referindo à Figura 22, a densidade de corrente elétrica de um condutor elétrico (corte transversal a 90 graus ao fluxo de corrente) quando passando através do condutor uma corrente alternada em diferentes frequências está ilustrada.

O projeto de campo magnético desejado da tecnologia de sensor de PCME são duas estruturas de campo magnético circulares, armazenadas em duas camadas uma no topo da outra ("Picky-Back") e correm em direções opostas uma à outra (Contra Circular).

Novamente referindo à Figura 13, uma estrutura de sensor mag-

nético desejada está mostrada: dois laços magnéticos sem fim colocados um no topo do outro, correndo em direções opostas um ao outro: Projeto de Campo de "Picky-Back" Contra Circular.

Para tornar este projeto de campo magnético altamente sensível a tensões mecânicas que serão aplicadas no SH (eixo), e para gerar o maior sinal de sensor possível, a estrutura de campo magnético desejada precisa ser colocada mais próxima da superfície do eixo. A colocação dos campos magnéticos circulares próximos do centro do SH causará uma atenuação da rampa de sinal de saída de sensor disponível do usuário (a maior parte do sinal de sensor se deslocará através do material de eixo Ferromagnético já que este tem uma permeabilidade muito mais alta em comparação ao ar), e aumenta a não uniformidade do sinal de sensor (em relação à rotação do eixo e aos movimentos axiais do eixo em relação ao sensor secundário).

Referindo à Figura 23, as estruturas de campo magnético armazenadas próximo da superfície do eixo e armazenadas próximo do centro do eixo estão ilustradas.

Pode ser difícil conseguir a codificação magnética permanente desejada do SH quando utilizando CA (corrente alternada) já que a polaridade do campo magnético criado está constantemente mudando e pode portanto atuar mais como um sistema de Desmagnetização.

A tecnologia de PCME requer que uma forte corrente elétrica ("unipolar" ou CC, para impedir o apagamento da estrutura de campo magnético desejada) esteja deslocando-se logo abaixo da superfície do eixo (para assegurar que o sinal de sensor será uniforme e mensurável no exterior do eixo). Além disso, uma estrutura de campo magnético Contra Circular, de "Picky-Back" precisa ser formada.

É possível colocar as duas estruturas de campo magnético Contra Circular dentro do eixo armazenando-as dentro do eixo uma após a outra. Primeiro a camada interna será armazenada no SH, e então a camada externa pela utilização de uma força magnética mais fraca (impedindo que a camada interna seja neutralizada e apagada por acidente). Para conseguir isto, as técnicas de codificação de ímã "permanente" conhecidas podem ser

aplicadas como descrito nas Patentes da tecnologia de FAST, ou pela utilização de uma combinação de codificação de corrente elétrica e a codificação de ímã "permanente".

Um processo de codificação muito mais simples e mais rápido utiliza "somente" a corrente elétrica para conseguir a estrutura de campo magnético Contra Circular, de "Picky-Back" desejada. A parte mais desafiadora aqui é gerar o campo magnético Contra Circular.

Uma corrente elétrica uniforme produzirá um campo magnético uniforme, que corre ao redor do condutor elétrico em um ângulo 90 graus, em relação à direção de corrente (A). Quando colocando dois condutores lado a lado (B) então o campo magnético entre os dois condutores parece cancelar o efeito um do outro (C). Apesar de ainda presente, não existe nenhum campo magnético detectável (ou mensurável) entre os dois condutores proximalmente colocados. Quando colocando um número de condutores elétricos lado a lado (D) o campo magnético "mensurável" parece ir ao redor do exterior da superfície do condutor formado "plano".

Referindo à Figura 24, os efeitos magnéticos quando olhando na corte transversal de um condutor com uma corrente uniforme fluindo através deste estão mostrados.

O condutor "plano" ou de forma retangular foi agora dobrado em uma forma de "U". Quando passando uma corrente elétrica através do condutor em forma de "U" então o campo magnético que acompanha as dimensões externas da forma de "U" está cancelando os efeitos mensuráveis na metade interna do "U".

Referindo à Figura 25, a zona dentro do condutor em forma de "U" parece ser magneticamente "Neutra" quando uma corrente elétrica está fluindo através do condutor.

Quando nenhuma tensão mecânica é aplicada na corte transversal de um condutor em forma de "U" parece que não existe nenhum campo magnético presente dentro do "U" (F). Mais quando dobrando ou torcendo o condutor em forma de "U" o campo magnético não mais acompanhará o seu percurso original (o ângulo de 90 graus em relação ao fluxo de corren-

te). Dependendo das forças mecânicas aplicadas, o campo magnético começa a mudar ligeiramente o seu percurso. Neste momento o vetor de campo magnético que é causado pela tensão mecânica pode ser detectado e medido na superfície do condutor, dentro e fora da forma de "U". Nota: Este fenômeno aplica-se somente em níveis de corrente elétrica muito específicos.

O mesmo aplica-se ao projeto de condutor em forma de "O". Quando passando uma corrente elétrica uniforme através de um condutor em forma de "O" (Tubo) os efeitos magnéticos mensuráveis dentro do "O" (Tubo) cancelaram um ao outro (G).

Referindo à Figura 26, a zona dentro do condutor em forma de "O" parece ser magneticamente "Neutra" quando uma corrente elétrica está fluindo através do condutor.

No entanto, quando tensões mecânicas são aplicadas no condutor em forma de "O" (Tubo) torna-se evidente que existiu um campo magnético presente no lado interno do condutor em forma de "O". O campo magnético interno, contra direcional (assim como o campo magnético externo) começa a inclinar em relação às tensões de torque aplicadas. Este campo de inclinação pode ser claramente detectado e medido.

A seguir, um Projeto de Pulso de Codificação será descrito.

Para conseguir a estrutura de campo magnético desejada (Projeto de Campos, Picky-Back, Contra Circular) dentro do SH, de acordo com uma modalidade exemplar de um método da presente invenção, os pulsos de corrente elétrica unipolar são passados através do Eixo (ou SH). Pela utilização dos "pulsos" o "Efeito peculiar" desejado pode ser conseguido. Pela utilização de uma direção de corrente "unipolar" (não mudando a direção da corrente elétrica) o efeito magnético gerado não será apagado acidentalmente.

A forma de pulso de corrente utilizada é mais crítica para conseguir o projeto de sensor de PCME desejado. Cada parâmetro precisa ser precisamente e repetidamente controlado: Tempo de subida de corrente, Tempo ligado de corrente contínua, Amplitude de corrente máxima, e Tempo

de queda de corrente. Além disso é muito crítico que a corrente entre e saia muito uniformemente ao redor da superfície de eixo inteira.

A seguir, uma Forma de Pulso de Corrente Retangular será descrita.

5 Referindo à Figura 27, um pulso de corrente elétrica de forma retangular está ilustrado.

Um pulso de corrente de forma retangular tem uma envoltória positiva ascendente rápida e uma envoltória de corrente descendente rápida. Quando passando um pulso de corrente de forma retangular através do SH, a envoltória ascendente é responsável por formar a estrutura magnética determinada do sensor de PCME enquanto o tempo "ligado" plano e a envoltória descendente do pulso de corrente de forma retangular são contraprodutivos.

15 Referindo à Figura 28, uma relação entre Largura de Pulso de Codificação de Corrente (Tempo Ligado de Corrente Contínua) e Rampa de Sinal de Saída de Sensor de forma retangular está mostrada.

No exemplo seguinte um pulso de corrente de forma retangular foi utilizado para gerar e armazenar o campo de "Picky-Back" Contra Circular em um eixo de 15 mm de diâmetro, de 14CrNi14. A corrente elétrica pulsada tinha o seu máximo em aproximadamente 270 Ampères. O pulso de "tempo ligado" foi eletricamente controlado. Devido ao componente de alta frequência na envoltória ascendente e descendente do pulso de codificação, esta experiência pode não representar verdadeiramente os efeitos de um verdadeiro SH de codificação de CC. Portanto a curva de Rampa de Sinal de Saída de Sensor eventualmente achata acima de 20 mV/Nm quando passando o Tempo Ligado de Corrente Contínua de 1000 ms.

Sem utilizar uma borda de pulso de corrente ascendente (como utilizando uma inclinação de rampa controlada) a rampa de sinal de saída de sensor teria sido muito fraca (abaixo de 10 mV/Nm). Nota: Nesta experiência (utilizando 14CrNi14) a histerese de sinal foi de aproximadamente 0,95% do sinal de FS (FS = torque de 75 Nm).

Referindo à Figura 29, o aumento da Rampa de Sinal de Saída

de Sensor pela utilização de diversos pulsos de corrente de forma retangular em sucessão está mostrado.

A Rampa de Sinal de Saída de Sensor pode ser aperfeiçoada quando utilizando diversos pulsos de codificação de corrente de forma re-
5 tangular em sucessão. Em comparações com outras formas de pulso de co-
dificação a rampa de sinal de pulso de corrente de queda rápida do pulso de
corrente de forma retangular impedirá que a Rampa de Sinal de Saída de
Sensor nunca atinja um nível de desempenho ótimo. Significando que após
somente uns poucos pulsos de corrente (2 a 10) terem sido aplicados no SH
10 (ou Eixo) a Rampa de Sinal de Saída de Sensor não mais subirá.

A seguir, uma Forma de Pulso de Corrente de Descarga está descrita.

O Pulso de Corrente de Descarga não tem nenhum Tempo Li-
gado de Corrente Contínua e não tem nenhuma borda de queda rápida. Por-
15 tanto o efeito primário e mais sentido na codificação magnética do SH é a
borda de subida rápida deste tipo de pulso de corrente.

Como mostrado na Figura 30, uma borda de corrente ascenden-
te aguda e uma curva de descarga típica provêem melhores resultados
quando criando um sensor de PCME.

20 Referindo à Figura 31, a otimização da Rampa de Sinal de Saída
de Sensor de PCME pela identificação da corrente de pulso correta está ilus-
trada.

Na extremidade mais baixa da escala de corrente de pulso (0 a
75 A para um eixo de 15 mm de diâmetro, de material de eixo de 14CrNi14)
25 o tipo de "Pulso de Corrente de Descarga" não é potente o suficiente para
cruzar o limite magnético necessário para criar um campo magnético dura-
douro dentro do eixo Ferromagnético. Quando aumentando a amplitude de
corrente de pulso a estrutura de campo magnético circular duplo começa a
formar-se abaixo da superfície do eixo. Conforme a amplitude de corrente de
30 pulso aumenta assim o faz a amplitude de sinal de saída de sensor de tor-
que atingível do sistema de sensor secundário. Em aproximadamente 400 A
a 425 A o projeto de sensor de PCME ótimo foi atingido (as duas regiões

magnéticas de contrafluxo atingirão a sua distância mais ótima uma da outra) e a densidade de fluxo correta para os melhores desempenhos de sensor.

Referindo à Figura 32, a corte transversal do Hospedeiro de Sensor (SH) com a densidade e localização de corrente elétrica de PCME ótima durante o pulso de codificação está ilustrada.

Quando aumentando adicionalmente a amplitude de corrente de pulso a amplitude de sinal de sensor, relativa à força de torque, absoluta aumentará adicionalmente (curva 2) por algum tempo enquanto os desempenhos de sensor típico de PCME gerais diminuirão (curva 1). Quando passando de uma Amplitude de Corrente de Pulso de 900 A (para um eixo de 15 mm de diâmetro) a amplitude de sinal de sensor, relativa à força de torque, absoluta começará a cair também (curva 2) enquanto que os desempenhos de PCME são agora muito fracos (curva 1).

Referindo à Figura 33, as cortes transversais de Hospedeiro de Sensor (SH) e a densidade de corrente de pulso elétrico em diferentes e crescentes níveis de corrente de pulso estão mostradas.

Conforme a corrente elétrica ocupa uma maior corte transversal no SH o espaçamento entre a região circular interna e a região circular externa (próxima da superfície do eixo) torna-se maior.

Referindo à Figura 34, melhores desempenhos de sensor de PCME serão conseguidos quando o espaçamento entre o projeto de Campo de "Picky-Back" Contra Circular é estreito (A).

A estrutura de campo magnético circular, de contrafluxo, dupla desejada será menos capaz de criar uma estrutura de laço fechado sob as forças de torque o que resulta em uma amplitude de sinal de sensor secundário decrescente.

Referindo à Figura 35, o achatamento da curva de descarga de corrente também aumentará a Rampa de Sinal de Saída de Sensor.

Quando aumentando o tempo de descarga de Pulso de Corrente (tornando o pulso de corrente mais largo) (B) a Rampa de Sinal de Saída de Sensor aumentará. No entanto, a quantidade de corrente requerida é muito

alta para reduzir a rampa da borda de queda do pulso de corrente. Pode ser mais prático utilizar uma combinação de uma alta amplitude de corrente (com o valor ótimo) e do tempo de descarga mais lento possível para conseguir a Rampa de Sinal de Saída de Sensor mais alta possível.

5 A seguir, os Dispositivos de Conexão Elétrica no quadro de Processamento de Sensor Primário serão descritos.

A tecnologia de PCME (precisa ser notado que o termo tecnologia de "PCME" é utilizado para referir a modalidades exemplares da presente invenção) baseia-se em passar através do eixo quantidades muito altas
10 de corrente elétrica modulada em pulso na localização onde o Sensor Primário deve ser produzido. Quando a superfície do eixo é muito limpa e altamente condutora uma conexão de Cobre ou de Ouro de múltiplos pontos pode ser suficiente para conseguir a uniformidade de sinal de sensor desejada. Importante é que a impedância é idêntica de cada ponto de conexão para a
15 superfície do eixo. Isto pode ser melhor conseguido quando assegurando que o comprimento de cabo (L) é idêntico antes deste juntar-se ao ponto de conexão de corrente principal (I).

Referindo à Figura 36, uma simples conexão de múltiplos pontos elétrica na superfície do eixo está ilustrada.

20 No entanto, na maioria dos casos uma conexão elétrica de múltiplos pontos confiável e repetível pode somente ser conseguida assegurando que a impedância em cada ponto de conexão seja idêntica e constante. Utilizando uma impulsão por mola, um conector afiado penetrará as possíveis camadas de oxidação ou de isolamento (podem ser causadas por im-
25 pressões digitais) na superfície do eixo.

Referindo à Figura 37, um gabarito de conexão elétrica, de múltiplos canais com pontos de contatos carregados por mola está ilustrado.

Quando processando o eixo é mais importante que a corrente elétrica seja injetada e extraída do eixo no modo mais uniforme possível. O
30 desenho acima mostra diversos conectores elétricos, isolados uns dos outros, que estão seguros por um gabarito ao redor do eixo. Este dispositivo é denominado um Grampo de Retenção de Processamento de Eixo (ou S-

PHC). O número de conectores elétricos requeridos em um SPHC depende do diâmetro externo do eixo. Quando maior o diâmetro externo, mais conectores são requeridos. O espaçamento entre os condutores elétricos precisa ser idêntico de um ponto de conexão para o próximo ponto de conexão. Este método é denominado Contatos de "Ponto" simétricos.

Referindo à Figura 38, está ilustrado que aumentando o número de pontos de conexão elétrica ajudará nos esforços de entrada e de saída da corrente elétrica Modulada em Pulso. Também aumentará a complexidade do sistema de controle eletrônico requerido.

Referindo à Figura 39, um exemplo de como abrir o SPHC para um fácil carregamento de eixo está mostrado.

A seguir, um esquema de codificação no quadro de Processamento de Sensor Primário será descrito.

A codificação do eixo primário pode ser feita pela utilização de ímãs permanentes aplicados em um eixo rotativo ou utilizando correntes elétricas que passam através da seção desejada do eixo. Quando utilizando os ímãs permanentes um procedimento sequencial, muito complexo é necessário para colocar as duas camadas de campos magnéticos de laço fechado, uma no topo da outra, dentro do eixo. Quando utilizando o procedimento de PCME a corrente elétrica precisa entrar no eixo e sair do eixo no modo mais simétrico possível para conseguir os desempenhos desejados.

Referindo à Figura 40, dois SPHCs (Grampos de Retenção de Processamento de Eixo) são colocados nas bordas da região de codificação de detecção planejada. Através de um SPHC a corrente elétrica pulsada (I) entrará no eixo, enquanto que no segundo SPHC a corrente elétrica pulsada (I) sairá do eixo. A região entre os dois SPHCs se transformará então no sensor primário.

Este processo de sensor específico produzirá uma região codificada de Campo Único (SF). Um benefício deste projeto (em comparação com aqueles que estão abaixo descritos) é que este projeto é insensível a qualquer movimento de eixo axial em relação à localização dos dispositivos de sensor secundários. A desvantagem deste projeto é que quando utilizan-

do as bobinas de MFS colocadas axiais (ou em linha) o sistema será insensível a campos parasitas magnéticos (como o campo magnético terrestre).

Referindo à Figura 41, uma região codificada de Campo Duplo (DF) (significando duas regiões de sensor que funcionam independentes com polaridade oposta, lado a lado) permite o cancelamento dos efeitos de campos parasitas magnéticos uniformes quando utilizando as bobinas de MFS colocadas axiais (ou em linha). No entanto, este projeto de sensor primário também encurta a faixa tolerável de movimento de eixo na direção axial (em relação à localização das bobinas de MFS). Existem dois modos para produzir uma região codificada de Campo Duplo (DF) com a tecnologia de PCME. O processo sequencial, onde as seções codificadas magnéticas são produzidas uma após a outra, e o processo paralelo, onde ambas as seções codificadas magnéticas são produzidas ao mesmo tempo.

A primeira etapa de processo do projeto de campo duplo sequencial é de codificar magneticamente uma seção de sensor (identicamente ao procedimento de Campo Único), por meio de que o espaçamento entre os dois SPHCs precisa ser a metade do comprimento final desejado da região de Sensor Primário. Para simplificar as explicações deste processo será chamado o SPHC que está colocado no centro da Região de Sensor Primário Final o SPHC de Centro (C-SPHC), e o SPHC que está localizado no lado lateral do SPHC de Centro: L-SPHC.

Referindo à Figura 42, a segunda etapa de processo da codificação de Campo Duplo sequencial utilizará o SPHC que está localizado no centro da região de Sensor Primário (denominada C-SPHC) e um segundo SPHC que está colocado no outro lado (o lado direito) do SPHC de centro, denominado R-SPHC. Importante é que a direção de fluxo corrente do SPHC de Centro (C-SPHC) é idêntica para ambas as etapas de processo.

Referindo à Figura 43, o desempenho da Região de Sensor Primário final depende de quão próximas as duas regiões codificadas podem ser colocadas uma em relação à outra. E isto é dependente do projeto do SPHC de Centro utilizado. Quanto mais estreitas as dimensões de contato de espaço em linha são do C-SPHC, melhores são os desempenhos do

sensor de PCME de Campo Duplo.

A Figura 44 mostra a aplicação de pulso de acordo com outra modalidade exemplar da presente invenção. Como pode ser visto do desenho acima, o pulso é aplicado em três localizações do eixo. Devido à distribuição de corrente para ambos os lados do eletrodo médio onde a corrente I é inserida no eixo, a corrente que deixa o eixo nos eletrodos laterais é somente metade da corrente inserida no eletrodo médio, a saber $1/2 I$. Os eletrodos estão apresentados como anéis cujas dimensões estão adaptadas às dimensões da superfície externa do eixo. No entanto, precisa ser notado que outros eletrodos podem ser utilizados, tais como os eletrodos que compreendem uma pluralidade de eletrodos de pino posteriormente descritos neste texto.

Referindo à Figura 45, as direções de fluxo magnético das duas seções de sensor de um projeto de sensor de PCME de Campo Duplo estão mostradas quando nenhum torque ou tensão de movimento linear é aplicado no eixo. Os laços de fluxo magnético de contrafluxo não interagem um com o outro.

Referindo à Figura 46, quando as forças de torque ou as forças de tensão linear são aplicadas em uma direção específica então os laços de fluxo magnético começam a correr com um ângulo de inclinação crescente dentro do eixo. Quando o fluxo magnético inclinado alcança o limite de segmento de PCME então a linha de fluxo interage com as linhas de fluxo magnético que fluem ao contrário, como mostrado.

Referindo à Figura 47, quando a direção de torque aplicado está mudando (por exemplo do sentido horário para o sentido anti-horário) assim também mudará o ângulo de inclinação das estruturas de fluxo magnético de contrafluxo dentro do eixo Codificado de PCN.

A seguir, um Acionador de Corrente de Múltiplos Canais para Processamento de Eixo será descrito.

Em casos onde uma impedância idêntica absoluta do percurso de corrente para a superfície do eixo não pode ser garantida, então os estágios de acionador controlados por corrente elétrica podem ser utilizados para

superar este problema.

Referindo à Figura 48, um sistema de acionador de corrente de Pulso sincronizado de seis canais para os Hospedeiros de Sensor (SH) para pequenos diâmetros está mostrado. Conforme o diâmetro do eixo aumenta assim também o número de canais de acionamento de corrente.

A seguir, os Contatos de Anel de Latão e os Contatos de "Ponto" Simétricos serão descritos.

Quando o diâmetro do eixo é relativamente pequeno e a superfície do eixo está limpa e livre de qualquer oxidação na Região de Detecção desejada, então um método de contato de anel de "Latão" (ou anel de "Cobre") simples pode ser escolhido para processar o Sensor Primário.

Referindo à Figura 49, os anéis de latão (ou anéis de cobre) montados ajustados na superfície do eixo podem ser utilizados, com conexões de solda para os fios elétricos. A área entre os dois anéis de Latão (anéis de Cobre) é a região codificada.

No entanto, é também muito provável que os desempenhos de RSU atingíveis sejam muito mais baixos do que quando utilizando o método de Contato de "Ponto" Simétrico.

A seguir, um conceito de Hot-Spotting será descrito.

Um sensor de PCME de campo único (SF) padrão tem desempenhos de Hot-Spotting muito fracos. O perfil de fluxo magnético externo do segmento de sensor de PCME de SF (quando um torque é aplicado) é muito sensível a possíveis mudanças (em relação ao material Ferromagnético) em um ambiente próximo. Como os limites magnéticos do segmento de sensor codificado de SF não são bem definidos (não "Travados") estes podem "estender-se" na direção onde o material Ferromagnético está colocado próximo da região de detecção de PCME.

Referindo à Figura 50, uma região de detecção magnetizada de processo de PCME é muito sensível aos materiais Ferromagnéticos que podem ficar próximos dos limites das regiões de detecção.

Para reduzir a sensibilidade de sensor de Hot-Spotting os limites de segmento de sensor de PCME precisam ser melhor definidos travando-os

(estes não podem mais se mover).

Referindo à Figura 51, uma região de Detecção processada de PCME com duas "Regiões de Campo de Pinagem" está mostrada, uma de cada lado da Região de Detecção.

- 5 Pela colocação das Regiões de Pinagem próximas de cada lado da Região de Detecção, o limite de região de detecção foi travado em uma localização muito específica. Quando o material Ferromagnético está se aproximando da Região de Detecção, este pode ter um efeito sobre os limites externos das Regiões de Pinagem, mas terá efeitos muito limitados sobre os
- 10 Limites de Região de Detecção.

- Existe um número de diferentes modos, de acordo com as modalidades exemplares da presente invenção de como o SH (Hospedeiro de Sensor) pode ser processado para conseguir uma Região de Detecção de Campo Único (SF) e duas Regiões de Pinagem, uma de cada lado da Regi-
- 15 ão de Detecção. Ou cada região é processada uma após a outra (Processamento Sequencial) ou duas ou três regiões são processadas simultaneamente (Processamento Paralelo). O Processamento Paralelo provê um sensor mais uniforme (campos parasíticos reduzidos) mas requer níveis muito mais altos de corrente elétrica para conseguir a rampa de sinal de sensor
- 20 pretendida.

Referindo à Figura 52, um exemplo de processamento paralelo para um sensor de PCME de Campo Único (SF) com as Regiões de Pinagem de cada lado da região de detecção principal está ilustrado, de modo a reduzir (ou mesmo eliminar) o Hot-Spotting.

- 25 Um Sensor de PCME de Campo Duplo é menos sensível aos efeitos de Hot-Spotting já que a região central de sensor já está Travada. No entanto, a sensibilidade de Hot-Spotting restante pode ser adicionalmente reduzida colocando as Regiões de Pinagem de cada lado da Região de Sensor de Campo Duplo.

- 30 Referindo à Figura 53, um sensor de PCME de Campo Duplo (DF) com Regiões de Pinagem de cada lado está mostrado.

Quando as Regiões de Pinagem não são permitidas ou possí-

veis (exemplo: espaçamento axial disponível limitado) então a Região de Detecção precisa ser magneticamente blindada das influências de Materiais Ferromagnéticos externos.

5 A seguir, a Uniformidade de Sinal Rotacional (RSU) será explicada.

O desempenho de sensor de RSU e, de acordo com a compreensão atual, principalmente dependente de como circunferencialmente uniforme a corrente elétrica entrou e saiu da superfície de SH, e o espaço físico entre os pontos de entrada e de saída de corrente elétrica. Quanto maior o
10 espaçamento entre os pontos de entrada e de saída de corrente, melhor é o desempenho de RSU.

Referindo à Figura 54, quando os espaçamentos entre os pontos de entrada de corrente circunferencialmente colocados individuais são relativamente grandes em relação ao diâmetro do eixo (e igualmente grandes são
15 os espaçamentos entre os pontos de saída de corrente circunferencialmente colocados) então isto resultará em desempenhos de RSU muito fracos. Em um tal caso o comprimento do Segmento de Codificação de PCM precisa ser tão grande quanto possível de outro modo o campo magnético criado será circunferencialmente não-uniforme.

20 Referindo à Figura 55, pelo alargamento do Segmento de Codificação de PCM a distribuição de campo magnético circunferencial se tornará mais uniforme (e eventualmente quase perfeita) na meia distância entre os pontos de entrada de corrente e de saída de corrente. Portanto, o desempenho de RSU do sensor de PCME é melhor no ponto a meio caminho entre os
25 pontos de entrada de corrente/saída de corrente.

A seguir, os problemas de projeto básico de um sistema de sensor de NCT serão descritos.

Sem entrar nos detalhes específicos da tecnologia de Codificação de PCM, o usuário final desta tecnologia de detecção precisa conhecer
30 alguns detalhes de projeto que o permitirão aplicar e utilizar este conceito de detecção na sua aplicação. As páginas seguintes descrevem os elementos básicos de um sensor de NCT baseado em magnetostrição (como o sensor

primário, o sensor secundário, e a eletrônica de SCSP), como os componentes individuais se parecem, e quais escolhas precisam ser feitas quando integrando esta tecnologia em um produto já existente.

5 Em princípio a tecnologia de detecção de PCME pode ser utilizada para produzir um produto de sensor independente. No entanto, nas aplicações industriais já existentes existe pouco ou nenhum espaço disponível para um produto (independente). A tecnologia de PCME pode ser aplicada em um produto existente sem a necessidade de reprojetar o produto final.

10 No caso de um dispositivo de sensor de torque ou um dispositivo de sensor de detecção de posição independente ser aplicado em um sistema de transmissão de motor este pode requerer que o sistema inteiro precise sofrer uma mudança de projeto importante.

A seguir, referindo à Figura 56, uma possível localização de um sensor de PCME no eixo de um motor está ilustrada.

15 A Figura 56 mostra possíveis localizações de disposição para o sensor de torque de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção, por exemplo, dentro de uma caixa de marchas de um carro a motor. A porção superior da Figura 56 mostra a disposição do sensor de torque de PCME de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção. A
20 porção inferior da Figura 56 mostra a disposição de um dispositivo de sensor independente o qual não está integrado no eixo de entrada da caixa de marchas como esta na modalidade exemplar da presente invenção.

Como pode ser visto da porção superior da Figura 56, o sensor de torque de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção
25 pode estar integrado no eixo de entrada da caixa de marchas. Em outras palavras, o sensor primário pode ser uma porção do eixo de entrada. Em outras palavras, o eixo de entrada pode ser magneticamente codificado de modo que este torna-se o sensor primário ou o próprio elemento de sensor. Os sensores secundários, isto é as bobinas, pode, por exemplo, estar aco-
30 modado dentro de uma porção de mancal próximo da região codificada do eixo de entrada. Devido a isto, para prover o sensor de torque entre a fonte de energia e a caixa de marchas, não é necessário interromper o eixo de

entrada e prover um sensor de torque separado entre o eixo que vai para o motor e outro eixo que vai para a caixa de marchas como mostrado na porção inferior da Figura 56.

5 Devido à integração da região codificada no eixo de entrada é possível prover um sensor de torque sem fazer nenhuma alteração no eixo de entrada, por exemplo, para um carro. Isto torna-se muito importante, por exemplo, em peças para um avião onde cada peça precisa sofrer testes extensos antes de ser permitida para utilização no avião. Um tal sensor de torque de acordo com a presente invenção pode talvez mesmo sem tais testes
10 extensos ser incorporados em eixos em um avião ou uma turbina já que o eixo imediato não é alterado. Também, nenhum efeito de material é causado no material do eixo.

 Mais ainda, como pode ser visto da Figura 56, o sensor de torque de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção pode
15 permitir reduzir uma distância entre uma caixa de marchas e uma fonte de energia já que a provisão de um sensor de torque independente separado entre o eixo que sai da fonte de energia e o eixo de entrada para a caixa de marchas torna-se óbvia.

 A seguir, os Componentes de Sensor serão explicados.

20 Um sensor de magnetostrição sem contato (sensor de NCT), como mostrado na Figura 57, pode consistir, de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção, em três elementos funcionais principais: O Sensor Primário, o Sensor Secundário, e a eletrônica de Condicionamento de Sinal & Processamento de Sinal (SCSP).

25 Dependendo do tipo de aplicação (as demandas de volume e de qualidade, o custo de fabricação objetivado, o fluxo de processo de fabricação) o cliente pode escolher adquirir ou os componentes individuais para construir o sistema de sensor sob seu próprio gerenciamento, ou pode subcontratar a produção dos módulos individuais.

30 A Figura 58 mostra uma ilustração esquemática de componentes de um dispositivo de detecção de torque sem contato. No entanto, estes componentes podem também ser implementados em um dispositivo de de-

tecção de posição sem contato.

Em casos onde o objetivo de produção anual é em milhares de unidades pode ser mais eficiente integrar o "processo de codificação magnética de sensor primário" no processo de fabricação do cliente. Em um tal caso o cliente precisa adquirir um "equipamento de codificação magnética" específico da aplicação.

Em aplicações de alto volume, onde o custo e a integridade do processo de fabricação são críticos, é típico que o NCTE supra somente os componentes básicos individuais e o equipamento necessário para construir um sensor sem contato:

- ICs (Circuitos Eletrônicos de Aplicação Específica, embalado para montagem de superfície)
- Bobinas de MFS (como parte do Sensor Secundário)
- Equipamento de Codificação de Hospedeiro de Sensor (para aplicar a codificação magnética no eixo = Sensor Primário)

Dependendo do volume requerido, as Bobinas de MFS podem ser supridas já montadas sobre um quadro, e se desejado, eletricamente presas em um chicote de fios com um conector. Igualmente a eletrônica de SCSP (Condicionamento de Sinal & Processamento de sinal) pode ser suprida totalmente funcional em formato de PCB, com ou sem as Bobinas de MFS incorporadas no PCB.

A Figura 59 mostra os componentes de um dispositivo de detecção.

Como pode ser visto da Figura 60, o número de bobinas de MFS requerido é dependente do desempenho de sensor esperado e das tolerâncias mecânicas do projeto de sensor físico. Em um sistema de sensor bem projetado com um Hospedeiro de Sensor (SH ou eixo magneticamente codificado) perfeito e interferências mínimas de campos parasitas magnéticos indesejados, somente 2 bobinas de MFS são necessárias. No entanto, se o SH está movendo-se radial ou axial em relação à posição de sensor secundário por mais do que uns poucos décimos de um milímetro, então o número de bobinas de MFS precisa ser aumentado para conseguir o desempenho

de sensor desejado.

A seguir, um circuito de controle e/ou avaliação será explicado.

A eletrônica de SCSP, de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção, consiste em ICs específicos de NCTE, um número de circuitos eletrônicos externos passivos e ativos, a placa de circuito impresso (PCB), e o alojamento ou caixa de SCSP. Dependendo do ambiente onde a unidade de SCSP será utilizada a carcaça precisa ser apropriadamente vedada.

Dependendo das necessidades específicas da aplicação o NCTE (de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção) oferece um número de diferentes circuitos específicos da aplicação:

- Circuito Básico
- Circuito Básico com Regulador de Voltagem Integrado
- Circuito de Largura de Banda de Alto Sinal
- Dispositivo de Proteção de Alta Voltagem e Curto Circuito Opcional
- Circuito de Detecção de Falhas Opcional

A Figura 61 mostra uma solução de eletrônica de sensor de baixo custo, de canal único.

Como pode ser visto da Figura 61, pode ser provida uma unidade de sensor secundário a qual compreende, por exemplo, bobinas. Estas bobinas estão dispostas, por exemplo, como mostrado na Figura 60 para detectar as variações em um campo magnético emitido da unidade de sensor primário, isto é o eixo de sensor ou elemento de sensor quando um torque é aplicado a este. A unidade de sensor secundário está conectada em um IC de base em um SCSP. O IC básico está conectado através de um regulador de voltagem em uma voltagem de suprimento positiva. O IC básico está também conectado no terra. O IC básico está adaptado para prover uma saída analógica para o exterior do SCSP cuja saída corresponde à variação do campo magnético causada pela tensão aplicada no elemento de sensor.

A Figura 62 mostra um projeto de sistema de canal duplo, prote-

gido contra curto-circuito com detecção de falhas integrada. Este projeto consiste em 5 dispositivos de ASIC e provê um alto grau de segurança de sistema. O IC de Detecção de Falhas identifica quando existe uma quebra de fio em qualquer lugar no sistema de sensor, uma falha com as bobinas de MFS, ou uma falha nos estágios de operador eletrônico do "IC Básico".

A seguir, a Unidade de Sensor Secundário será explicada.

O Sensor Secundário pode, de acordo com uma modalidade mostrada na Figura 63, consistir nos elementos: Uma a oito Bobinas de MFS (Sensor de Campo Magnético), a Placa de Alinhamento & Conexão, o chicote de fios com conector, e o Alojamento de Sensor Secundário.

As bobinas de MFS podem estar montadas sobre a Placa de Alinhamento. Usualmente a Placa de Alinhamento permite que os dois fios de conexão de cada Bobina de MFS sejam soldados/conectados no modo apropriado. O chicote de fios está conectado na placa de alinhamento. Esta, completamente montada com as Bobinas de MFS e o chicote de fios, é então embutida ou presa pelo Alojamento de Sensor Secundário.

O elemento principal da Bobina de MFS é o fio de núcleo, o qual precisa ser feito de um material como amorfo.

Dependendo do ambiente onde a Unidade de Sensor Secundário será utilizada, a Placa de Alinhamento montada precisa ser coberta por um material protetor. Este material não pode causar uma tensão mecânica ou uma pressão sobre as bobinas de MFS quando a temperatura ambiente estiver mudando.

Em aplicações onde a temperatura de operação não excederá +110 graus C o cliente tem a opção de colocar a eletrônica de SCSP (ASIC) dentro da unidade de sensor secundário (SSU). Apesar dos dispositivos de ASIC poderem operar em temperaturas acima de +125 graus C se tornará crescentemente mais difícil compensar o deslocamento de sinal relativo à temperatura e as mudanças de ganho de sinal.

O comprimento de cabo máximo recomendado entre as bobinas de MFS e a eletrônica de SCSP é de 2 metros. Quando utilizando o cabo de conexão apropriado, distâncias de até 10 metros são alcançáveis. Para evi-

tar uma linha cruzada de sinal em aplicações de múltiplos canais (dois SSUs independentes operando na mesma localização de Sensor Primário = Função de Sensor Redundante), um cabo especialmente blindado entre os SSUs e a Eletrônica de SCSP deve ser considerado.

- 5 Quando planejando produzir a Unidade de Sensor Secundário (SSU) o produtor precisa decidir qual parte/partes da SSU precisam ser adquiridas através de subcontratação e quais etapas de fabricação serão feitas internamente.

10 A seguir, as Opções de Fabricação de Unidade de Sensor Secundário serão descritas.

Quando integrando o Sensor de NCT em uma ferramenta personalizada ou um sistema de transmissão padrão então o fabricante do sistema tem diversas opções para escolher:

- 15 - SSU feita personalizada (incluindo o chicote de fios e o conector).

- módulos ou componentes selecionados; o conjunto de SSU final e o teste de sistema podem ser feitos sob o gerenciamento do cliente.

- 20 - somente os componentes essenciais (as bobinas de MFS ou o fio de núcleo de MFS, os ICs específicos da Aplicação) e produzirão a SSU internamente.

A Figura 64 ilustra uma modalidade exemplar de um Conjunto de Unidade de Sensor Secundário.

A seguir um Projeto de Sensor Primário está explicado.

- 25 A SSU (Unidade de Sensor Secundário) pode ser colocada fora do SH (Hospedeiro de Sensor) magneticamente codificado ou, no caso do SH ser oco, dentro do SH. A amplitude de sinal de sensor atingível é de força igual mas tem um desempenho de sinal para ruído muito melhor quando colocada dentro do eixo oco.

30 A Figura 65 ilustra duas configurações da disposição geométrica do Sensor Primário e do Sensor Secundário.

Desempenhos de sensor aperfeiçoados podem ser conseguidos quando o processo de codificação magnética é aplicado em uma seção reta

e paralela do SH (eixo). Para um eixo com 15 mm a 25 mm de diâmetro o comprimento mínimo ótimo da Região Magneticamente Codificada é de 25 mm. Os desempenhos de sensor serão adicionalmente aperfeiçoados se a região puder ser feita tão longa quanto 45 mm (adicionando as Regiões de

5 Guarda). Em sistemas de transmissão (caixa de marchas) complexos e altamente integrados será difícil encontrar tal espaço. Sob circunstâncias mais ideais, a Região Magneticamente Codificada pode ser tão curta quanto 14 mm, mas sofre o risco de que nem todos os desempenhos de sensor desejados possam ser conseguidos.

10 Como ilustrado na Figura 66, o espaçamento entre a SSU (Unidade de Sensor Secundário) e a superfície do Hospedeiro de Sensor, de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção, deve ser mantido tão pequeno quanto possível para conseguir a qualidade de sinal melhor possível.

15 A seguir, o Equipamento de Codificação de Sensor Primário será descrito.

Um exemplo está mostrado na Figura 67.

Dependendo de qual tecnologia de detecção de magnetostrição será escolhida, o Hospedeiro de Sensor (SH) precisa ser processado e tratado

20 consequentemente. As tecnologias variam bastante umas das outras (ABB, FAST, FT, Kubota, MDI, NCTE, RM, Siemens, ...) e assim também o equipamento de processamento requerido. Algumas das tecnologias de detecção de magnetostrição disponíveis não precisam que nenhuma mudança física seja feita no SH e baseiam-se somente no processamento magnético

25 (MDI, FAST, NCTE).

Apesar da tecnologia de MDI ser um processo de duas fases, a tecnologia de FAST é um processo de três fases, e a tecnologia de NCTE é um processo de uma fase, denominado Codificação de PCM.

Deve-se estar ciente que após o processamento magnético, o

30 Hospedeiro de Sensor (SH ou Eixo), tornou-se um dispositivo de "medição de precisão" e precisa ser tratado consequentemente. O processamento magnético deve ser a última etapa antes do SH tratado ser cuidadosamente

colocado na sua localização final.

O processamento magnético deve ser uma parte integral do processo de produção do cliente (processamento magnético interno) sob as seguintes circunstâncias:

- 5 - Quantidades de alta produção (como aos milhares)
- SH pesado ou difícil de manipular (por exemplo altos custos de transporte)
- Demandas de qualidade e de inspeção muito específicas (por exemplo aplicações em defesa)

- 10 Em todos os outros casos pode ser mais econômico ter o SH magneticamente tratado por um subcontratado qualificado e autorizado, tal como a NCTE. Para o processamento magnético "interno" um equipamento de fabricação dedicado é requerido. Tal equipamento pode ser operado totalmente manualmente, semi-automatizado, e totalmente automatizado. Dependendo da complexidade e do nível de automação o equipamento pode
- 15 custar de aproximadamente 20k € a acima de 500k €.

A seguir, referindo à Figura 68 até a Figura 74, um método para ajustar uma magnetização de um objeto magnetizável de acordo com a invenção será descrito.

- 20 A Figura 68 mostra um eixo cilíndrico 100 o qual é feito de aço industrial magnetizável.

No entanto, de acordo com o cenário mostrado na Figura 68, o eixo de aço 100 é desmagnetizado.

- A Figura 69 mostra uma configuração na qual o eixo magnetizável 100 é parcialmente magnetizado, pela assim denominada tecnologia de PCME. Para este propósito um primeiro anel metálico 200 é aplicado diretamente no eixo magnetizável 100, e um segundo anel metálico 201 é preso em outra parte do eixo 100. Então, uma corrente elétrica de pulso I_1 é aplicada nos anéis 200, 201 para magnetizar uma porção 202 do eixo 100. A
- 25 porção magnetizada 202 do eixo 100 é formada pela aplicação de dois pulsos de corrente no eixo 100, cada um dos pulsos de corrente tendo uma envoltória ascendente rápida e uma envoltória descendente lenta, de modo que
- 30

em uma direção essencialmente perpendicular a uma superfície do eixo 100, uma estrutura de campo magnético é gerada de modo que exista um primeiro fluxo magnético em uma primeira direção e um segundo fluxo magnético em uma segunda direção, em que a primeira direção é oposta à segunda direção. Em um diagrama de corrente versus tempo, cada um dos pelo menos dois pulsos de corrente tem uma envoltória ascendente rápida a qual é essencialmente vertical e tem uma envoltória descendente lenta.

A Figura 69 também mostra os percursos de corrente esquemáticos 203 os quais são fortemente curvados em uma vizinhança dos anéis 200, 201. Assim, a magnetização não é muito homogênea em uma porção diretamente vizinha aos anéis 200, 201.

A Figura 70 mostra esquematicamente um corte transversal do eixo 100, em que, em uma porção na qual antecipadamente os (agora removidos) anéis 200, 201 foram presos, uma região magnetizada 202 é gerada. O eixo 100 tem uma primeira porção não magnetizada 301 e tem uma segunda porção não magnetizada 302, a porção magnetizada 202 estando disposta entre a primeira porção não magnetizada 301 e a segunda porção não magnetizada 302. Como pode ser visto na Figura 70, a porção magnetizada 202 está formada por uma primeira região de fluxo magnético 303 orientada em uma primeira direção 305 e por uma segunda região de fluxo magnético 304 orientada em uma segunda direção 306, em que a primeira direção 305 é oposta à segunda direção 306. Como pode ser adicionalmente visto na Figura 70, em uma vista em corte transversal do eixo 100, o primeiro fluxo magnético circular 303 tem a primeira direção 305 e um primeiro raio, e o segundo fluxo magnético circular 304 tem a segunda direção 306 e um segundo raio, em que o primeiro raio é maior do que o segundo raio.

No entanto, quando utilizando a porção magnetizada 202 como uma região magneticamente codificada para um sensor de torque ou um sensor de posição, somente a parte central da região magnetizada 202 pode ser utilizada para uma aplicação de alta qualidade, já que somente aqui a magnetização é homogênea, enquanto que a magnetização é bastante não homogênea em uma borda entre uma das regiões desmagnetizadas 301,

302 e a região magnetizada 202, isto é uma porção na qual anteriormente os anéis 200, 201 estavam presos.

Como pode ser visto na Figura 71, a magnetização do eixo parcialmente magnetizado 100 é ajustada pela disposição de uma primeira bobina de desmagnetização 400 (eixo geométrico da bobina paralelo ao eixo geométrico do eixo) adjacente à porção magnética 202, isto é na borda entre a primeira porção não magnetizada 301 e a porção magnetizada 202. Ainda, uma segunda bobina de desmagnetização 401 (eixo geométrico da bobina paralelo ao eixo geométrico do eixo) está disposta em uma borda entre a região magnetizada 202, e a segunda região não magnetizada 302.

Como pode ser adicionalmente visto na Figura 71, a parte da porção magnetizada 202 que está sendo coberta pela primeira bobina de desmagnetização 400 é desmagnetizada e assim desmagnetizada pela ativação da primeira bobina de desmagnetização 400 para ajustar a magnetização do eixo magnetizável 100 pela formação de uma porção desmagnetizada 500 do eixo 100 diretamente adjacente a uma porção magnetizada 501 restante do eixo 100. Ainda referindo à Figura 71, isto é conseguido pela aplicação de uma corrente alternada I_2 na primeira bobina de desmagnetização 400 com uma frequência de 1 Hz. Assim, os ímãs elementares dentro da porção desmagnetizada 500 são quase randomizados para eliminar qualquer magnetização nesta região. Na borda entre a porção desmagnetizada 500 e a porção magnetizada 501 restante do eixo 100, o perfil de magnetização pode ser descrito por uma função de degrau, já que a parte do eixo 100 a ser desmagnetizado está claramente definida.

Referindo à Figura 72, o procedimento de desmagnetização é repetido com a porção a ser desmagnetizada entre a região magnetizada 200 e a segunda região não magnetizada 302. Para este propósito, uma corrente alternada I_3 é aplicada na segunda bobina de desmagnetização 401 para gerar uma segunda porção desmagnetizada 600, para definir uma porção magnetizada 601 restante a qual está espacialmente claramente definida.

A Figura 73 mostra uma configuração após ter desativado os

fluxos de corrente.

Após remover as bobinas de desmagnetização 400, 401, a configuração da Figura 74 é obtida mostrando uma região magnetizada 601 resistente no centro do eixo 100, que tem duas porções magnetizadas circunferenciais 303, 304 com direções de magnetização opostamente orientadas.

A seguir, referindo à Figura 75, uma rede 800 para ajustar uma magnetização de um eixo 100 de acordo com uma primeira modalidade da invenção será descrita.

A rede 800 para ajustar uma magnetização de um eixo magnetizável 100 compreende o eixo 100 tendo uma porção magnetizada (não mostrada) que estende-se ao longo de uma parte do eixo 100. No cenário da Figura 75, a porção magnetizada estende-se ao longo da parte do eixo 100 que estende-se entre uma primeira bobina de desmagnetização 801 e uma segunda bobina de desmagnetização 802. A parte do eixo 100 que está sendo magnetizada foi anteriormente desmagnetizada de acordo com a tecnologia de PCME. Uma parte da porção magnetizada está coberta pelas bobinas 801, 802 e será desmagnetizada, como descrito a seguir:

A primeira bobina de desmagnetização 801 está disposta adjacente à porção magnetizada, e a segunda bobina de desmagnetização 802 está disposta adjacente à porção magnetizada. Assim, o eixo 100 tem uma primeira porção não magnetizada e uma segunda porção não magnetizada, a porção magnetizada estando disposta entre a primeira porção não magnetizada e a segunda porção não magnetizada. A primeira bobina de desmagnetização 801 está disposta circundando uma porção da porção magnetizada adjacente à primeira porção não magnetizada, e a segunda bobina de desmagnetização 802 está disposta circundando uma porção da porção magnetizada adjacente à segunda porção não magnetizada. A primeira bobina de desmagnetização 801 tem uma primeira conexão 803 e uma segunda conexão 804, e a segunda bobina de desmagnetização 802 tem uma primeira conexão 805 e tem uma segunda conexão 806. Uma voltagem pode ser aplicada entre a primeira conexão 803 da primeira bobina de desmagnetização 801 e a segunda conexão 806 da segunda bobina de desmagnetiza-

ção 802. A segunda conexão 804 da primeira bobina de desmagnetização 801 está acoplada na primeira conexão 805 da segunda bobina de desmagnetização 802.

5 A seguir, o método para desmagnetizar uma porção da porção magnetizada do eixo 100 será descrito.

A aplicação de um pulso de codificação elétrico de PCME no eixo 100 transformou uma grande parte do eixo 100 em um elemento de detecção. Apesar disto ter o benefício de que o desempenho do sensor é um mais alto (no centro do eixo 100), este tem a desvantagem de que o eixo 100 sendo grandemente magnetizado é muito sensível ao "hot spotting", isto é sensível ao material ferromagnético nas proximidades.

15 Isto significa que uma grande parte do eixo 100, quase de extremidade a extremidade, é sensível a forças mecânicas aplicadas. igualmente, o campo magnético resultante muda na superfície do eixo 100, estende-se sobre todo o comprimento do eixo 100. Um tal campo magnético dimensionalmente grande pode ser facilmente atraído ou influenciado e modelado por outros dispositivos ferromagnéticos que estão colocados (ou movidos) próximo do eixo magneticamente codificado 100.

Portanto, a região codificada magnética deve na direção axial ser mantida razoavelmente curta. Ainda melhor seria colocar campos de pinagem em cada lado da região magneticamente codificada. No exemplo mostrado na Figura 75, uma grande parte do eixo 100 foi magneticamente codificada, e subseqüentemente, a codificação magnética será apagada em cada lado da localização desejada da porção magnetizada restante do eixo 25 de sensor de torque 100.

De acordo com a modalidade mostrada na Figura 75, isto é alcançado deslizando as extremidades do eixo para dentro de uma bobina enrolada firme e radicalmente (indutor) 801 e 802, respectivamente. Aplicando-se uma corrente elétrica alternada através dos indutores 801 e 802, o sensor 30 magnético de codificação será induzido em intensidade ou até mesmo inteiramente apagado. Como pode ser visto, a eficiência de cancelamento do campo é de quase 100% na região do eixo 100 o qual é envolvido por bobi-

nas de desmagnetização 801, 802 e é menor no centro do eixo 100.

Contudo, como visto na figura 75, aplicando-se a corrente alterada a ambas as bobinas 801, 802 ao mesmo tempo ter-se-á num maior grau, um efeito também na região do sensor que situa entre as duas bobinas de apagar 801, 802. Em outras palavras, esta aproximação não somente irá eliminar a codificação magnética nas extremidades do eixo mas também parcialmente na seção média do eixo 100.

Assim, quando acionando os indutores de cancelamento de campo magnético 801, 802 simultaneamente, a eficiência de cancelamento de campo magnético estende-se além da localização onde os indutores de cancelamento de campo magnético 801, 802 terminam. Conseqüentemente, a seção entre as bobinas de desmagnetização 801, 802 também será afetada. Isto significa que a codificação magnética que poderia estar presente na seção entre as bobinas de desmagnetização 801, 802 será, a um certo grau, também apagada.

A seguir, referindo à Figura 76, uma rede 900 para ajustar uma magnetização do eixo 100 de acordo com uma segunda modalidade da invenção será descrita, a qual é adicionalmente aperfeiçoada comparada com a modalidade mostrada na Figura 75.

De acordo com a Figura 76, somente uma das bobinas 801, 802 de cada vez está conectada na corrente elétrica alternada. Em outras palavras, de acordo com a Figura 76, uma primeira voltagem pode ser aplicada entre a primeira conexão 803 e a segunda conexão 804 da primeira bobina de desmagnetização 801, e independentemente disto, uma segunda voltagem pode ser aplicada entre a primeira conexão 805 e a segunda conexão 806 da segunda bobina de desmagnetização 802, uma voltagem sendo aplicada após a outra.

Como pode ser visto do gráfico na Figura 76, a eficiência de cancelamento de campo é significativamente reduzida na área entre as bobinas 801, 802 comparada com a rede 800, de modo que a porção relativa à magnetização restante no centro do eixo 100 é impedida de ser desmagnetizada em um modo aperfeiçoado.

De acordo com a Figura 76, resultados ainda melhores são conseguidos quando operando os indutores de cancelamento de campo magnético 801, 802 um após o outro. A eficiência de cancelamento de campo magnético está caindo notadamente no espaçamento entre as duas bobinas de desmagnetização 801, 802. No entanto, a codificação magnética que pode ter estado presente na seção entre as duas bobinas de desmagnetização 801, 802 pode ainda ser apagada em um menor grau em um modo não uniforme.

A seguir, referindo à Figura 77A, uma rede 1000 para ajustar uma magnetização do eixo 100 de acordo com uma terceira modalidade da invenção será descrita.

De acordo com a modalidade mostrada na Figura 77A, a rede tem uma primeira bobina de obturador 1001 e tem uma segunda bobina de obturador 1002, a primeira bobina de obturador 1001 estando disposta circundando uma porção da porção magnetizada adjacente à primeira bobina de desmagnetização 801, e a segunda bobina de obturador 1002 está disposta circundando uma porção da porção magnetizada adjacente à segunda bobina de desmagnetização 802 de tal modo que a primeira e a segunda bobinas de obturador 1001, 1002 fiquem dispostas entre (intermediárias, isto é sanduichadas entre) a primeira e a segunda bobinas de desmagnetização 801, 802, em que uma tal voltagem pode ser aplicada na primeira e na segunda bobinas de obturador 1001, 1002 que a região entre a primeira e a segunda bobinas de obturador 1001, 1002 é impedida de ser desmagnetizada quando os elementos de desmagnetização 801, 802 são magnetizados.

Como pode ser visto na Figura 77A, quando utilizando os indutores de obturador 1001, 1002 (estes são os indutores que são colocados em uma extremidade específica dos indutores de cancelamento de campo magnético 801, 802, e a indutividade dos indutores de obturador 1001, 1002 é significativamente mais baixa do que a indutividade dos indutores de campo magnético 801, 802), a área a qual é afetada pelos indutores de cancelamento de campo magnético 801, 802 pode ser muito mais claramente definida. Um benefício adicional é tal que um projeto de sistema de cancelamento

de campo magnético pode ser operado em uma etapa (nenhuma operação seqüencial de aplicação de voltagens é necessária).

Como pode ser visto da Figura 77A, Figura 77B um único sinal de corrente é aplicado nas bobinas 801, 802, 1001, 1002, e a corrente flui entre a primeira conexão 803 da primeira bobina de desmagnetização 801 e a segunda conexão 806 da segunda bobina de desmagnetização 802. Após ter fluído através da primeira bobina de desmagnetização 801 e antes de fluir através da segunda bobina de desmagnetização 802, a corrente flui através da primeira bobina de obturador 1001 e da segunda bobina de obturador 1002. No entanto, a direção de fluxo da corrente nas bobinas de desmagnetização 801, 802 é a mesma, e a direção de fluxo da corrente nas bobinas de obturador 1001, 1002 é a mesma. A direção de fluxo da corrente em qualquer uma das bobinas de desmagnetização 801, 802 é oposta à direção de fluxo da corrente em qualquer uma das bobinas de obturador 1001, 1002. O número de espiras de cada das bobinas de desmagnetização 801, 802 é maior do que o número de espiras de cada uma das bobinas de obturador 1001, 1002. Assim, a força do campo magnético gerado por qualquer uma das bobinas 801, 802, 1001, 1002 é ajustada pela seleção do número de espiras, e pelo ajuste da amplitude da corrente aplicada, para conseguir os valores de campo magnético apropriados gerados por qualquer uma das bobinas 801, 802, 1001, 1002.

A seguir, referindo à Figura 77C, uma rede 1050 para ajustar uma magnetização do eixo 100 de acordo com uma quarta modalidade da invenção será descrita.

De acordo com a modalidade mostrada na Figura 77C, cada uma das bobinas 801, 802, 1001, 1002 tem duas conexões com fontes de corrente I_1 , I_2 , I_3 , I_4 separadas. Assim, a corrente que deve fluir através de qualquer uma das bobinas 801, 802, 1001, 1002 pode ser ajustada separadamente para qualquer uma das bobinas 801, 802, 1001, 1002. A força de cada uma destas correntes individualmente ajustada para permitir ajustar o perfil de magnetização ao longo do eixo 100 no modo desejado. De acordo com a modalidade da Figura 77C, os valores de corrente são selecionados

como segue: $I_1 = I_4$, $I_2 = I_3$, $|I_2| < |I_1|$. De acordo com a Figura 77C, o número de espiras (4) é idêntico para cada uma das bobinas 801, 802, 1001, 1002.

A seguir, referindo à Figura 78A até a Figura 78C, um fundamento e explicação para a invenção são dados.

5 A Figura 78A mostra um eixo magnetizado 100 e um perfil de das bobinas 801, 802, 1001, 1002 1100 ao redor do eixo 100. Quando o sinal de codificação de PCME foi aplicado no eixo inteiro, então o eixo magnetizado 100 está estendendo de extremidade a extremidade.

10 Como pode ser visto na Figura 78B, quando um objeto ferromagnético 1101 está localizado em uma área circundante do eixo magnetizado 100, um "hot spotting" pode ocorrer, isto é, uma forte sensibilidade ao material ferromagnético 1101 próximo. Em um tal caso um sensor codificado magnético pode ser (mas não precisa ser) muito sensível quando um objeto ferromagnético 1101 tocará uma das extremidades do eixo 100 ou estiver mudando a sua posição próximo do eixo 100. (Exemplo: roda de dente de engrenagem rotativa). Como pode ser na Figura 78C, um efeito dominó pode ocorrer. Tais efeitos podem ser reduzidos ou eliminados pela invenção.

15 A seguir, referindo à Figura 79, uma rede 1200 para magnetizar um eixo de aço magnetizável 100 será descrita de acordo com uma modalidade exemplar da invenção.

20 A rede 1200 para magnetizar o eixo magnetizável compreende uma fonte de sinal elétrico 1201 e um elemento de conexão elétrica 1202, 1203 para acoplar eletricamente a fonte de sinal elétrico 1201 com o eixo magnetizável 100. O elemento de conexão de elétrica 1202, 1203 é executado como dois elementos eletricamente condutores os quais estão presos nas superfícies do eixo cilíndrico 100 para formar, em conjunto com os cabos 1204, 1205, uma conexão elétrica ôhmica entre o eixo 100 e a fonte de sinal elétrico 1201.

30 A fonte de sinal elétrico está adaptada para executar um método para magnetizar o eixo 100 com as seguintes etapas de método.

Em uma primeira etapa, um primeiro sinal de desmagnetização (vide o diagrama 1300 da Figura 80) é aplicado no eixo magnetizável 100

para desmagnetizar o eixo magnetizável 100 completamente, em que o primeiro sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado que tem uma primeira freqüência e uma primeira amplitude.

5 A Figura 80 mostra um diagrama de corrente versus tempo 1300 (corrente I, tempo t) que mostra o primeiro sinal de desmagnetização (que tem uma baixa freqüência e uma alta amplitude) o qual pode ser aplicado pela fonte de sinal elétrico 1201 no eixo 100. Em outras palavras, a corrente está fluindo diretamente entre os dois elementos de conexão elétrica 1202, 1203 através do eixo 100, em que a baixa freqüência e a alta amplitude do
10 primeiro sinal de desmagnetização desmagnetiza confiavelmente o eixo 100 inteiro. Assim, esta primeira etapa pode também ser denotada como algum tipo de etapa de limpeza.

De acordo com a modalidade descrita, o eixo 100 tem um diâmetro de 50 mm, e a primeira freqüência de desmagnetização mostrada na
15 Figura 80 está entre 1 Hz e 2 Hz.

Em uma etapa de método subsequente, a fonte de sinal elétrico 1201 pode aplicar um sinal de magnetização no eixo magnetizável 100 para magnetizar o eixo magnetizável 100. Esta etapa de magnetização de codificação de PCME está mostrada em um diagrama 1400 na Figura 81, que
20 mostra um diagrama de corrente versus tempo que tem uma envoltória ascendente rápida e uma envoltória descendente lenta. Dois de tais pulsos de corrente podem ser aplicados subsequente (vide descrição acima da tecnologia de PCME) de modo a permitir uma codificação do eixo 100 ao longo de essencialmente o comprimento inteiro do eixo magnetizável 100.

25 No entanto, após esta etapa de codificação de PCME, pode acontecer que uma região de superfície do eixo magnetizado 100 seja magnetizada em um modo não homogêneo, isto quer dizer que uma resposta de sensor não é exatamente a mesma ao longo da circunferência inteira do eixo 100.

30 Para remover a magnetização de superfície que é uma origem de não homogeneidades indesejadas, um segundo sinal de desmagnetização (como mostrado na Figura 82) pode ser aplicado, pela fonte de sinal elé-

trico 1201, no eixo magnetizável 100 magnetizado para desmagnetizar parcialmente o eixo magnetizável 100 magnetizado, em que o segundo sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado que tem uma segunda frequência e uma segunda amplitude. Como mostrado no diagrama 1500 na
5 Figura 82, o segundo sinal de desmagnetização pode ter uma amplitude a qual é muito menor do que a amplitude do primeiro sinal de desmagnetização mostrado no diagrama 1300 da Figura 80. Ainda, a frequência do segundo sinal de desmagnetização é muito maior do que a frequência do primeiro sinal de desmagnetização.

10 Na modalidade descrita com um eixo 100 que tem um diâmetro de 50 mm, a segunda frequência do segundo sinal de desmagnetização mostrado no diagrama 1500 é de 300 Hz, e a amplitude do segundo sinal de desmagnetização é de 5 A.

Ainda, o valor máximo $I_{\max}$ mostrado na Figura 1 é de 90 A para
15 um eixo que tem um diâmetro de 5 mm, e é de 4500 A para um eixo que tem um diâmetro de 50 mm.

Após ter aplicado o segundo sinal de desmagnetização mostrado na Figura 82, uma magnetização de superfície do eixo 100 pode ser cancelada, eliminada ou reduzida, de modo que a homogeneidade é aperfeiçoada e os artefatos em efeitos parasíticos são eficientemente suprimidos.
20

A Figura 83 mostra uma rede 1600 para magnetizar o eixo 100 de acordo com outra modalidade exemplar da invenção.

De acordo com esta modalidade, os elementos de conexão elétrica 1202, 1203 são executados como anéis os quais contactam circunferencialmente o eixo cilíndrico 100. Esta configuração permite tratar essencialmente somente a porção do eixo 100 entre os dois anéis 1202, 1203.
25

É notado que, após ter tratado o eixo 100 com a rede mostrada na Figura 79 ou na Figura 83, as porções de borda da região magnetizada podem ser canceladas ou desmagnetizadas de acordo com o método como
30 acima descrito com referência à Figura 71 até a Figura 74. Também as modalidades mostradas na Figura 75 até a Figura 77C podem ser utilizadas para este propósito.

A seguir, referindo à Figura 84, uma rede 1700 de acordo com outra modalidade exemplar da invenção será descrita.

A diferença entre a modalidade mostrada na Figura 84 e a modalidade mostrada na Figura 83 é que os dois sinais de desmagnetização não são diretamente aplicados no eixo mas são aplicados pela aplicação de uma corrente através de uma bobina 1701 a qual é suprida com energia elétrica por uma unidade de energia elétrica 1702. Este suprimento de energia elétrica 1702 pode ser controlado pela fonte de sinal elétrico 1201.

Resumindo, o esquema de definição de magnetização de acordo com a rede 1700 é como segue. Primeiro, um sinal similar àquele mostrado na Figura 80 é aplicado na bobina 1701. Então, uma corrente é introduzida diretamente no eixo 100 através das conexões elétricas 1202, 1203 de modo que uma magnetização do eixo 100 é gerada (por exemplo com um sinal similar àquele da Figura 81). Após isto, um sinal similar àquele mostrado na Figura 82 é aplicado na bobina 1701. Opcionalmente, uma etapa de desmagnetização adicional pode ser executada em um modo como acima descrito referindo à Figura 71 até a Figura 74. Também as modalidades mostradas na Figura 75 até a Figura 77C de modo a restringir a magnetização em uma direção de extensão 1705 do eixo 100. Assim, a bobina 1701 é utilizada para desmagnetizar o eixo 100, e os contatos 1202, 1203 são utilizados para magnetizar o eixo 100.

No entanto, esta funcionalidade pode também ser invertida, como descrito a seguir. De acordo com o último aspecto, é possível aplicar uma corrente de magnetização (similar à Figura 81) através da bobina 1701 a qual está suprida com energia elétrica pela unidade de energia elétrica 1702. Este suprimento de energia elétrica 1702 pode ser controlado pela fonte de sinal elétrico 1201.

Então, o esquema de definição de magnetização de acordo com a rede 1700 é como segue. Primeiro, um sinal similar àquele mostrado na Figura 80 é aplicado diretamente no eixo 100 através dos contatos elétricos 1202, 1203. Então, uma corrente é introduzida na bobina 1701 de modo que uma magnetização longitudinal do eixo 100 é gerada. Após isto, um sinal

similar àquele mostrado na Figura 82 é aplicado diretamente no eixo 100 pela aplicação deste sinal entre os dois contatos 1202, 1203. Opcionalmente, uma etapa de desmagnetização adicional pode ser executada em um modo como acima descrito referindo à Figura 71 até a Figura 74. Também
5 as modalidades mostradas na Figura 75 até a Figura 77C de modo a restringir a magnetização em uma direção de extensão 1705 do eixo 100.

A seguir, referindo à Figura 85 e à Figura 86, será abaixo descrito como é possível, de acordo com o esquema de magnetização da invenção, aperfeiçoar a homogeneidade e suprimir os efeitos parasíticos.

10 A Figura 85 mostra uma corte transversal do eixo 100 magnetizado sem executar uma segunda etapa de desmagnetização em um modo como mostrado na Figura 82. Em um tal caso, as não homogeneidades de sinal podem ocorrer. Estas estão esquematicamente mostrada na Figura 85 e estão denotadas com o número de referência 1800 na Figura 85. Em ou-
15 tras palavras, quando o eixo magnetizado 100 é utilizado como um sensor de torque magnético, o sinal não é homogêneo ao longo de uma trajetória circunferencial que circunda a corte transversal do eixo 100.

Como pode ser visto na Figura 86, com o esquema de magnetização de acordo com a invenção, a distribuição de sinal ao redor do objeto
20 magnetizado 100 é mais homogênea e simétrica, de modo que os artefatos de sensor que resultam das contribuições de magnetização de superfície parasíticas são suprimidas ou até eliminadas.

É notado que o conceito de acordo com a invenção é muito fácil de implementar, já que as etapas de magnetização inteiras podem ser exe-
25 cutadas sem mudar a configuração do eixo, isto quer dizer todos os sinais podem fluir diretamente através do eixo. É indispensável que os contatos sejam removidos ou presos entre diferentes etapas de método, e a seqüência de sinais pode ser facilmente automatizada.

A Figura 87 ilustra um diagrama de corrente versus tempo 1900
30 de acordo com um método para magnetizar um eixo de acordo com uma modalidade exemplar da invenção que mostra uma alternativa ao diagrama de corrente versus tempo de acordo com a Figura 80 a Figura 82.

"A" denota uma amplitude. No diagrama de corrente versus tempo 1900, a corrente de oscilação tem um envelope de modo que o sinal caia para valores mais baixos posteriormente. O envelope pode ser uma função exponencial, por exemplo. A diminuição de sinal 1901 entre duas oscilações sucessivas deve ser menor do que 4%, de preferência menor do que 1%. Uma oscilação com uma frequência de 2 Hz pode ser aplicada no eixo por 300 s. O sinal da Figura 87 é utilizado como um primeiro sinal de desmagnetização. Especificamente com uma frequência de oscilação mais alta e com uma amplitude mais baixa, este pode ser usado também como um segundo sinal de desmagnetização, como uma alternativa à Figura 82.

A Figura 88 ilustra um diagrama de corrente versus tempo 2000 de acordo com um método para magnetizar um eixo de acordo com uma modalidade exemplar da invenção que mostra uma alternativa ao diagrama de corrente versus tempo de acordo com a Figura 81.

De acordo com a Figura 88, uma função de degrau é aplicada ao eixo, em que a função de degrau pode tomar um dos dois valores I_{max} ou zero. Tal sinal de magnetização pode ser aplicado diretamente no eixo através dos contatos 1202, 1203.

A Figura 89 ilustra um diagrama de corrente versus tempo 2100 de acordo com um método para magnetizar um eixo de acordo com uma modalidade exemplar da invenção que mostra uma alternativa adicional ao diagrama de corrente versus tempo de acordo com a Figura 81.

Esta etapa de magnetização de codificação de PCME de acordo com o diagrama de tempo versus corrente 2100 tem duas partes subsequentes cada uma tendo uma envoltória ascendente rápida e uma envoltória descendente lenta. Assim, dois dos pulsos de corrente da Figura 81 são aplicados subsequentemente (vide a descrição acima da tecnologia de PCME) de modo a permitir uma codificação do eixo.

A Figura 90 mostra uma rede 2200 para magnetizar um eixo oco 2201 de acordo com uma modalidade exemplar da invenção.

De acordo com esta modalidade, o eixo oco 2201 a ser magnetizado circunda um cilindro de magnetização 2202. Através de uma fonte de

5 sinal elétrico 2203, os sinais elétricos para magnetizar ou desmagnetizar o eixo 2201 podem ser aplicados no condutor cilíndrico 2202.

Por exemplo, os três sinais de acordo com a Figura 80, a Figura 81, a Figura 82 podem ser aplicados subseqüentemente no cilindro 2202.

- 5 Alternativamente, os três sinais de acordo com a Figura 87, a Figura 81, a Figura 87 podem ser aplicados subseqüentemente no cilindro 2202. Adicionalmente alternativamente, os três sinais de acordo com a Figura 87, a Figura 88, a Figura 82 podem ser aplicados subseqüentemente no cilindro 2202.

- 10 A seguir, referindo à Figura 91 até à Figura 93, um sensor de fluxo 2300 de acordo com uma modalidade exemplar da invenção será descrito.

- 15 A Figura 91 mostra um sensor de fluxo 2300 que compreende um suporte 2301 no qual um objeto dobrável 2302 é fixado. Em uma região de conexão do suporte 2301 e do objeto dobrável 2302, uma região magneticamente codificada 2303 está provida. Esta região magneticamente codificada 2303 pode ser codificada de acordo com a tecnologia de PCME.

- 20 Como mostrado na Figura 92, quando um fluido (por exemplo um líquido ou um gás) passa pelo sensor de fluxo 2300, o qual está indicado por uma seta 2400, o objeto dobrável 2302 é dobrado devido a forças mecânicas causadas pelo fluxo do fluido. Conseqüentemente, as tensões mecânicas 2401 causadas através das forças de dobramento ocorrem na região magneticamente codificada 2303.

- 25 Esta tensão 2401 pode ser medida por um detector de campo magnético (por exemplo uma ou mais bobinas, não mostradas na Figura) provido na vizinhança da região magneticamente codificada 2303. Do sinal recebido, o fluxo de fluido pode ser estimado, já que as forças de dobramento são uma medida para o fluxo de fluido.

- 30 O objeto dobrável 2302 da Figura 92 tem uma parte fina conectada na região magneticamente codificada 2303 e tem uma parte espessa em uma porção de extremidade do objeto dobrável 2302 cuja porção de extremidade está em contato funcional com o fluido que flui. A parte fina permite um dobramento mesmo em um caso de um fluxo lento, e a porção de ex-

tremidade engrossada provê uma interação eficiente com o fluido que flui. Em uma modalidade alternativa, a parte espessa e a parte fina podem ser substituídas por uma placa essencialmente retangular (similar a uma folha ou uma língua). Uma tal configuração pode prover tanto uma estabilidade
5 devido a uma parte robusta conectada na região magneticamente codificada 2303 quanto uma alta sensibilidade devido à porção de extremidade de alta área (como vela).

Com um tal medidor de fluxo, é possível medir pequenas forças que surgem do fluido que flui. Os pequenos sinais de sensor envolvidos com
10 uma tal medição podem necessitar uma amplificação eletrônica antes de um processamento adicional. Além de caracterizar um fluxo de fluido, é também possível com uma geometria similar medir a pressão dentro de um tubo. A resolução ou precisão pode ser de 20 Pa ou menos. A faixa de valores de pressão mensuráveis é de até 10 bar ou mais.

15 Qualquer tipo de tensão que atue sobre uma superfície plana pode ser detectada. Por exemplo, a distribuição de força dentro de um tubo pode ser monitorada ou caracterizada com uma tal medição. Também, a ascensão de um avião pode ser monitorada ou caracterizada com uma tal medição.

20 A Figura 93 mostra um sistema inteiro, que inclui um tubo ou cano 2501 através do qual um líquido 2500 está fluindo.

Assim, um aspecto da presente invenção é uma solução de sistema de sensor de dobramento. É conseguida uma solução de Sensor de Detecção de Dobramento de Prova de Conceito sem contato com base em
25 princípios de magnetostrição que detectará e medirá as forças de dobramento aplicadas em qualquer ambiente. Uma aplicação exemplar é um eixo em um medidor de fluxo industrial.

Uma primeira tarefa é projetar, usinar e integrar os componentes e os módulos específicos requeridos para uma medição de Dobramento
30 Sem Contato em um módulo de medição de fluxo de "grande escala". A solução de sistema de Prova de Conceito (POC) inclui uma eletrônica de Condicionamento de Sinal Processamento de Sinal (SCSP) com uma saída de

sinal analógico. O sensor de dobramento de POC de grande escala pode ser utilizado para testar a sensibilidade de um sensor de dobramento baseado em princípio de magnetostricção nesta aplicação específica.

5 Uma segunda tarefa é um sistema de sensor de dobramento de escala real para o projeto de medidor de fluxo objetivado.

Um elemento principal do sistema de sensor de fluxo de "Grande Escala" 2300 é uma travessa 2302 projetada específica que é colocada através de um furo no centro do tubo 2501. O líquido 2500 que flui através deste tubo 2501 encontrará uma resistência física quando tentando fluir ao
10 redor da travessa 2302. Quanto mais a viscosidade do líquido, e mais alta a velocidade com a qual o líquido está fluindo através do tubo 2501, mais altas as forças de dobramento que atuarão sobre a travessa 2302.

Acredita-se que a localização ótima para medir as forças de dobramento, que atuam sobre a travessa 2302, está no lado superior da placa de montagem de travessa 2301. É desejado que o material utilizado para a travessa 2302 e para a placa de montagem de travessa 2301 tenha as propriedades magnéticas desejadas. Um dos aspectos do projeto de Sistema de Sensor de Fluxo de POC de "Grande Escala" é identificar a localização de detecção Sem Contato ótima próximo ou na extremidade de topo da tra-
15 vessa 2302 ou na fina membrana que constrói a placa de montagem de travessa 2301.

As forças de dobramento aplicadas na travessa de medição 2302 causarão padrões de tensão muito específicos na placa de montagem de travessa 2301.

25 Os benefícios principais da focalização em um modelo de "Grande Escala" são que é mais fácil executar os testes e fazer as modificações de projeto do que em um projeto menor, em que os custos de sistema totais resultantes são menores.

No entanto, é também possível aplicar esta tecnologia em um
30 projeto de Sensor de Fluxo "Escala Real".

O POC pode compreender pelo menos uma parte dos seguintes itens:

- Hospedeiro de Sensor (Eixo) magneticamente codificado, também denominado Sensor Primário

- Unidade de Sensor Secundário (suporte de bobina de MFS) com cabo de interface

5 - Eletrônica de Condicionamento de Sinal & Processamento de Sinal

- Opcional: Registrador de Dados

- Opcional: Sistema Operacional, Software

10 Referindo ao Sensor Primário, a tecnologia de sensor utilizará as propriedades magnéticas de um eixo de transmissão. Após a codificação magnética ter sido aplicada no eixo de transmissão, o eixo pode ser livremente girado em qualquer velocidade rotacional desejada. As propriedades mecânicas do eixo de transmissão permanecem inalteradas de modo que as tensões típicas de aplicação podem ser aplicadas no eixo de transmissão.

15 Para aplicar o sensor de magnetostrição com sucesso no eixo de transmissão, uma seção uniforme de um comprimento específico (na direção axial) está localizada sobre o eixo de transmissão que pode ser magneticamente codificada utilizando um dos processos de codificação acima descritos. O espaçamento axial requerido depende de diversos fatores, que
20 incluem mas não estão limitados a desempenho de sensor objetivado, a proximidade de dispositivos Ferromagnéticos que estão localizados próximo da região codificada, e interferência esperada de fontes magnéticas indesejadas.

25 Referindo ao Sensor Secundário, bobinas de MFS (Detector de Campo Magnético) podem ser utilizadas que precisam ser colocadas ou montadas no suporte de bobina de MFS. O próprio suporte de bobina de MFS pode também ser denominado SSU. O material para o suporte de bobina de MFS não deve interagir com o sinal magnético do Sensor Primário. É preferido utilizar um material sintético que não tenha nenhuma propriedade
30 magnética. Alternativamente, o Alumínio ou um aço não magnético pode ser utilizado.

O comprimento de fio entre o Sensor Secundário (suporte de

bobina de MFS) e a eletrônica de SCSP não deve exceder aproximadamente 2 metros. Em geral a Unidade de Sensor Secundário.

Dependendo das condições ambientais, pode ser necessário prover uma blindagem de sinal, uma tal função de blindagem será implementada no suporte de bobina de MFS e/ou na eletrônica SCSP e nas fiações do sistema.

Referindo à Interface de Eletrônica de SCSP, esta eletrônica pode estar suprida com uma interface de sinal de saída analógica. O suprimento interno da eletrônica SCSP (V_{cc}) é de +5,00 Volts. Conseqüentemente, a faixa de sinal de saída de trilho a trilho em relação a V_{cc} . Sob circunstâncias normais a voltagem de saída de sinal "zero" é de $1/2 V_{cc}$ (aproximadamente +2,50 Volts).

O sinal de saída analógico está protegido e adequado para comunicar diretamente com os sistemas de interface de aquisição de dados padrão. Quando utilizando a voltagem de referência de 5,00 V na placa de SCSP, o sinal de saída é um valor "absoluto" e não mudará mesmo quando a voltagem de suprimento do sistema está subindo ou descendo (dentro de limites especificados, tal como dentro de +6,5 V a +16 V). No entanto, quando o suprimento de +5 V regulado é aplicado diretamente no sistema de suprimento interno de eletrônica de SCSP, o sinal "zero" se comportará proporcionalmente. Significando que as mudanças do suprimento de +5 V serão vistas proporcionalmente no sinal de saída analógico.

Opcionalmente, um sistema de Registrador de Dados pode estar provido que atende às necessidades específicas da aplicação. A função principal do sistema de Registrador de Dados é de acumular e armazenar os resultados da medição, gerados pela Eletrônica de SCSP de Sensor Secundário por um tempo específico. O Registrador de Dados é alimentado por uma bateria recarregável. O sistema pode ser suprido em um formato de PCB montado & testado, pronto para integração em uma caixa específica, ou o Registrador de Dados pode ser suprido como um sistema completamente montado, em seu próprio alojamento à prova de água e poeira.

Após ter disparado o processo de armazenamento de dados do

Registrador de Dados, o Registrador de Dados irá continuamente gravar/armazenar as medições da Eletrônica de SCSP conectada. Pode-se ou interromper a operação de gravação ou deixar o sistema decidir quando terminar o modo de gravação (quando a capacidade de armazenamento de dados máxima na placa for alcançada).

Dependendo da especificação do sistema, pode-se carregar as informações armazenadas nas instalações de armazenamento na placa do Registrador de Dados, para um sistema de PC ou de Laptop operado por Windows. A transferência de dados pode ser através de fios (como uma interface serial RS232c), ou pode ser executada sem fio. Existe a opção de mudar os ajustes do sistema de sensor quando estando conectado a PC ou um Laptop.

Se desejado um software de controle padrão ou de processamento de dados avançado pode ser provido. Tal software será escrito para uma placa de eletrônica de SCSP personalizada ou para o Registrador de Dados. Na maioria dos casos as funções do software são funções de processamento de sinal especiais (como: filtragem ou análise de padrão de sinal) e de controle de sistema programável pelo usuário.

As interferências de campo parasita magnético potenciais (exemplo: um motor elétrico próximo) podem tornar necessário que alguns dos componentes de sensor ou módulos precisem ser protegidos através de uma blindagem magnética adicional.

O Sistema de Sensor pode ser especificado como segue:

Especificação do Medidor de Fluxo

Velocidade de fluxo nominal	FS	m/s	+/-2
Velocidade de fluxo máxima esperada	Sobrecarga	m/s	+/-4
Material de SH existente/planejado (Nome, Composição)	Material de SH	% Ni	TBD
Objecções para mudar este material		Sujeito a avaliação de material	
Especificações de endurecimento	Endurecimento	Proced.	TBD

Precisão absoluta requerida	Precisão Absoluta	% de FS	+/-7,5
Histerese de sinal tolerável máxima	Histerese	% de Fs	+/-4
Sensibilidade de sensor esperada em relação a FS	Resolução de Medição	% de FS	>0,5
Eletrônica (por canal)			
Sinal de saída de SCSP para sinal -FS (Saída de Sensor)	Sinal de Saída -FS	V	+0,2
Sinal de saída de SCSP para sinal +FS (Saída de Sensor)	Sinal de Saída +FS	V	+4,8
Sinal de saída de SCSP para Torque Zero (Saída de Sensor)	Sinal de Saída de Ponto Zero	V	+2,5
Resolução de sinal de saída	Resolução de Sinal de Saída	Bits ou mV	10 Bit
Nível de ruído de sinal de saída	Razão de Sinal	Para Ruído	TBD
Largura de Banda de Sinal de SCSP	Largura de Banda de Sinal	Hz	1
Corrente de suprimento de Partida Requerida de SCSP	Corrente de Partida	mA	80
Corrente de suprimento de Partida Requerida de SCSP	Corrente de Operação	mA	<10
Voltagem de Suprimento Única Requerida de SCSP (regulada)	Voltagem de Suprimento	V	5
Fatores de interferência: Campo Parasita Magnético	Campo Parasita Magnético	Gauss	Sim
Fatores de interferência: Peças ativas magnéticas móveis próximas	Peças Móveis	Magnéticas	TBD
Condições de Operação: Faixa de Temperatura	Faixa de Temp. de Operação	grau C	0 a +80
Espaço mecânico disponível para sistema de sensor	Espaço Axial Disponível	mm	TBD
Espaço mecânico disponível para sistema de sensor	Espaço Radial Disponível	mm	TBD

Deslocamento axial máximo de SH em relação à posição de MFS	Deslocamento Axial	mm	TBD
Deslocamento radial máximo de SH em relação à posição de MFS	Espaçamento de MFS	mm	TBD

De acordo com uma modalidade exemplar da invenção, uma seqüência de desmagnetizar (completamente) um objeto magnetizável pela aplicação de um sinal de desmagnetização de baixa freqüência alta amplitude, magnetizar o objeto magnetizável desmagnetizado, e desmagnetizar (parcialmente) o objeto magnetizável pela aplicação de um sinal de desmagnetização de alta freqüência baixa amplitude está provida (vide Figura 80 até Figura 82).

Para a segunda etapa de desmagnetização, a freqüência f não deve ser muito pequena de modo a evitar a penetração do campo em regiões muito profundas do objeto. Por uma razão similar, a intensidade/amplitude não deve ser muito alta. Isto pode permitir suprimir ou eliminar os efeitos de histerese perturbadores.

Uma (segunda) desmagnetização adicional pode ser executada também permanentemente durante uma medição ou diretamente antes de executar uma medição. Por exemplo, isto pode incluir dispor uma bobina de desmagnetização de camada única enrolada apertada ao redor do objeto a qual pode ser ativada por um intervalo de tempo predeterminado antes da medição, ou permanentemente. Uma tal bobina de desmagnetização pode ser adicionalmente provida para uma ou mais bobinas de medição dispostas para medir um sinal magnético dependente de torque.

Quando uma tal bobina de desmagnetização de camada única está enrolada apertada para circundar o objeto, um torque pode ser aplicado e a segunda desmagnetização pode ser executada logo antes de iniciar a medição real. Acredita-se presentemente que esta medição pode permitir que domínios de Weiss individuais que convencionalmente causam efeitos de histerese sejam forçados em uma orientação modificada. Em outras palavras, pela aplicação de um sinal de alta freqüência baixa amplitudes, estes

domínios de Weiss perturbadores podem ser trazidos em uma orientação essencialmente estatística, assim suprimindo os efeitos de histerese indesejados.

5 A Figura 94 mostra uma configuração de um eixo magnetizável 9400 sendo girável. Ainda, a Figura 94 mostra uma bobina de desmagnetização de supressão de histerese 9401 e duas bobinas de medição 9402.

A Figura 95 mostra um diagrama 9500 que tem uma abscissa 9501 ao longo da qual a frequência de desmagnetização f e a intensidade de desmagnetização I estão registradas. Ao longo de uma ordenada 9502, a
10 eficiência anti-histerese E está registrada. Como pode ser visto da Figura 95 uma alta eficiência E pode ser obtida com uma f suficientemente grande e com uma I suficientemente pequena.

Deve ser notado que o termo "compreende" não exclui outros elementos ou etapas e o "um" não exclui uma pluralidade. Também os ele-
15 mentos descritos em associação com as diferentes modalidades podem ser combinados.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para magnetizar um objeto magnetizável, o método compreendendo as etapas de:

5 aplicar um primeiro sinal de desmagnetização no objeto magnetizável para desmagnetizar o objeto magnetizável, em que o primeiro sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado que tem uma primeira frequência e uma primeira amplitude;

 aplicar um sinal de magnetização no objeto magnetizável desmagnetizado para magnetizar o objeto magnetizável;

10 aplicar um segundo sinal de desmagnetização no objeto magnetizável magnetizado para desmagnetizar parcialmente o objeto magnetizável magnetizado, em que o segundo sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado que tem uma segunda frequência e uma segunda amplitude.

15 2. Método de acordo com a reivindicação 1, em que pelo menos um do primeiro sinal de desmagnetização, do sinal de magnetização e do segundo sinal de desmagnetização é aplicado diretamente no objeto magnetizável.

20 3. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que pelo menos um do primeiro sinal de desmagnetização, do sinal de magnetização e do segundo sinal de desmagnetização é uma corrente elétrica a qual é injetada no objeto magnetizável.

 4. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, em que a primeira frequência é menor do que a segunda frequência.

25 5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, em que a primeira amplitude é maior do que a segunda amplitude.

 6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, em que a primeira frequência é menor do que ou igual a 50 Hz.

 7. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, em que a segunda frequência é maior do que ou igual a 100 Hz.

30 8. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, em que a primeira amplitude é maior do que ou igual a 20 A.

 9. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a

8, em que a segunda amplitude é menor do que ou igual a 10 A.

10. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, em que o segundo sinal de desmagnetização é selecionado de tal modo que os efeitos parasíticos são suprimidos.

5 11. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, em que o segundo sinal de desmagnetização é selecionado de tal modo que somente uma magnetização de superfície é seletivamente removida do objeto magnetizável.

10 12. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, em que os sinais elétricos alternados de acordo com o primeiro sinal de desmagnetização e/ou o segundo sinal de desmagnetização são selecionados do grupo que consiste em um sinal de seno, um sinal de co-seno, um sinal de triângulo, um sinal de dente de serra, um sinal de pulso e um sinal retangular.

15 13. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, ainda compreendendo, após ter aplicado o segundo sinal de desmagnetização,

20 ajustar a magnetização do objeto magnetizável pela disposição de pelo menos um elemento de desmagnetização adjacente ao objeto magnetizado;

desmagnetizar uma parte do objeto magnetizado pela ativação do elemento de desmagnetização para ajustar a magnetização do objeto magnetizável pela formação de uma porção desmagnetizada do objeto diretamente adjacente a uma porção magnetizada restante do objeto.

25 14. Método de acordo com a reivindicação 13, em que pelo menos um do pelo menos um elemento de desmagnetização é uma bobina de desmagnetização.

30 15. Método de acordo com a reivindicação 14, em que a bobina de desmagnetização está disposta para circundar uma porção do objeto magnetizado a ser desmagnetizado.

16. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 13 a 15, em que pelo menos um do pelo menos um elemento de desmagnetiza-

ção é um eletroímã.

17. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 16, em que o pelo menos um elemento de desmagnetização é ativado pela aplicação de um sinal elétrico variável no tempo.

5 18. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 17, em que o pelo menos um elemento de desmagnetização é ativado pela aplicação de uma corrente alternada ou uma voltagem alternada.

19. Método de acordo com a reivindicação 18, em que a corrente alternada ou a voltagem alternada alterna com uma frequência a qual é
10 substancialmente menor do que 50 Hz.

20. Método de acordo com a reivindicação 18 ou 19, em que a corrente alternada ou a voltagem alternada alterna com uma frequência menor do que 5 Hz.

21. Método de acordo com a reivindicação 13, em que pelo me-
15 nos um do pelo menos um elemento de desmagnetização é um ímã permanente.

22. Método de acordo com a reivindicação 21, em que o ímã permanente é ativado movendo o ímã permanente na vizinhança do objeto em um modo variável no tempo.

20 23. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 22, em que aplicar um sinal de magnetização para magnetizar o objeto magnetizável inclui ativar uma bobina de magnetização a qual está disposta para circundar o objeto a ser magnetizado.

24. Método de acordo com a reivindicação 23, em que a bobina
25 de magnetização é ativada pela aplicação de uma corrente contínua ou uma voltagem contínua.

25. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 22, em que aplicar um sinal de magnetização para magnetizar o objeto magnetizável inclui aplicar pelo menos dois pulsos de corrente no objeto de mo-
30 do que em uma direção essencialmente perpendicular à superfície do objeto, uma estrutura de campo magnético é gerada de modo que exista um primeiro fluxo magnético em uma primeira direção e um segundo fluxo magnético

em uma segunda direção, em que a primeira direção é oposta à segunda direção.

26. Método de acordo com a reivindicação 25, em que, em um diagrama de corrente versus tempo, cada um dos pelos menos dois pulsos de corrente tem uma envoltória ascendente rápida a qual é essencialmente vertical e tem uma envoltória descendente lenta.

27. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 26, em que um eixo está provido como o objeto.

28. Método de acordo com a reivindicação 27, em que o eixo é um do grupo que consiste em um eixo de motor, um cilindro de trabalho alternante, e uma articulação de arraste.

29. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 13 a 28, em que somente um do pelo menos um elemento de desmagnetização é ativado de cada vez.

30. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 13 a 28, em que pelo menos dois elementos de desmagnetização são ativados de cada vez.

31. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 30, em que o primeiro sinal de desmagnetização é aplicado no objeto magnetizável de tal modo a desmagnetizar o objeto magnetizável inteiro.

32. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 31, em que o primeiro sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado atenuado.

33. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 32, em que o segundo sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado atenuado.

34. Rede para magnetizar um objeto magnetizável, a rede compreendendo uma fonte de sinal elétrico, em que a fonte de sinal elétrico está adaptada para:

30 aplicar um primeiro sinal de desmagnetização no objeto magnetizável para desmagnetizar o objeto magnetizável, em que o primeiro sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado que tem uma primeira fre-

qüência e uma primeira amplitude;

aplicar um sinal de magnetização no objeto magnetizável desmagnetizado para magnetizar o objeto magnetizável;

- 5 aplicar um segundo sinal de desmagnetização no objeto magnetizável magnetizado para desmagnetizar parcialmente o objeto magnetizável magnetizado, em que o segundo sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado que tem uma segunda freqüência e uma segunda amplitude.

- 10 35. Rede de acordo com a reivindicação 34, ainda compreendendo um elemento de conexão elétrica adaptado para conectar eletricamente a fonte de sinal elétrico com um objeto magnetizável.

36. Rede de acordo com a reivindicação 34 ou 35, ainda compreendendo um condutor elétrico adaptado para circundar um objeto magnetizável ou ser circundado por um objeto magnetizável.

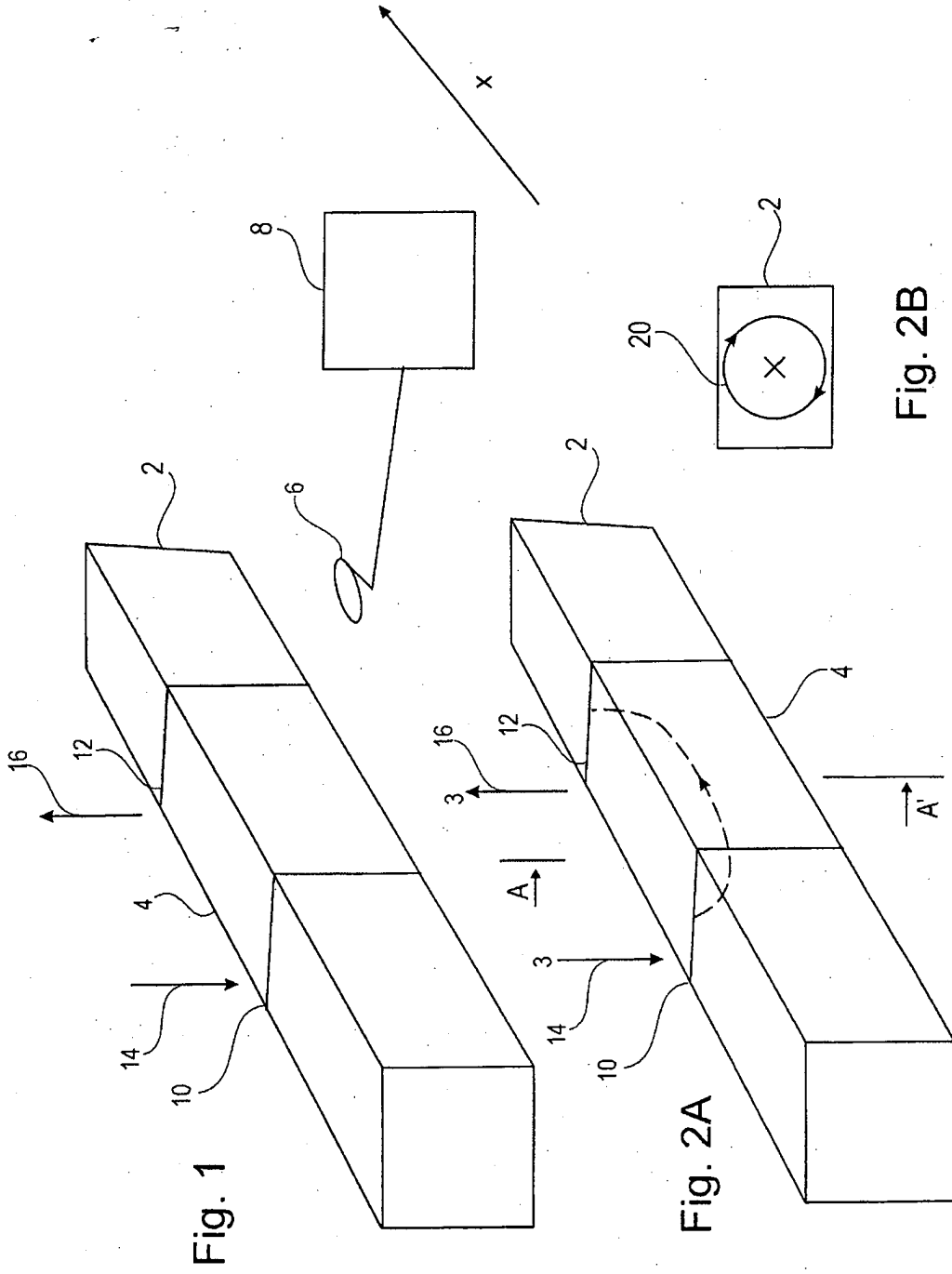
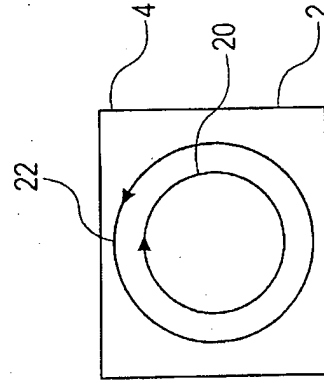
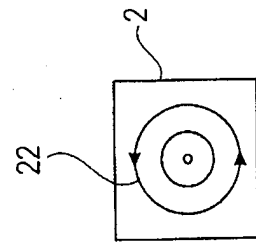
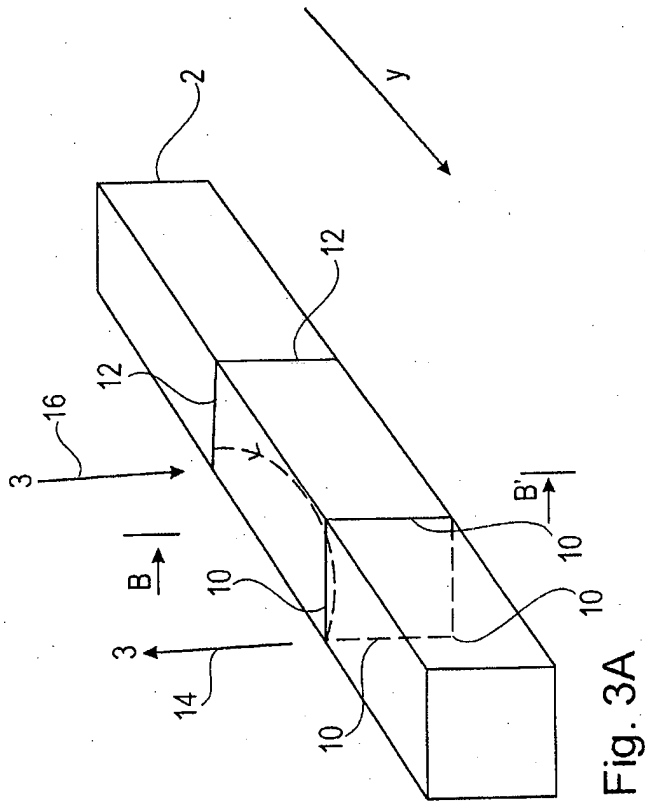


Fig. 2B

Fig. 2A

Fig. 1



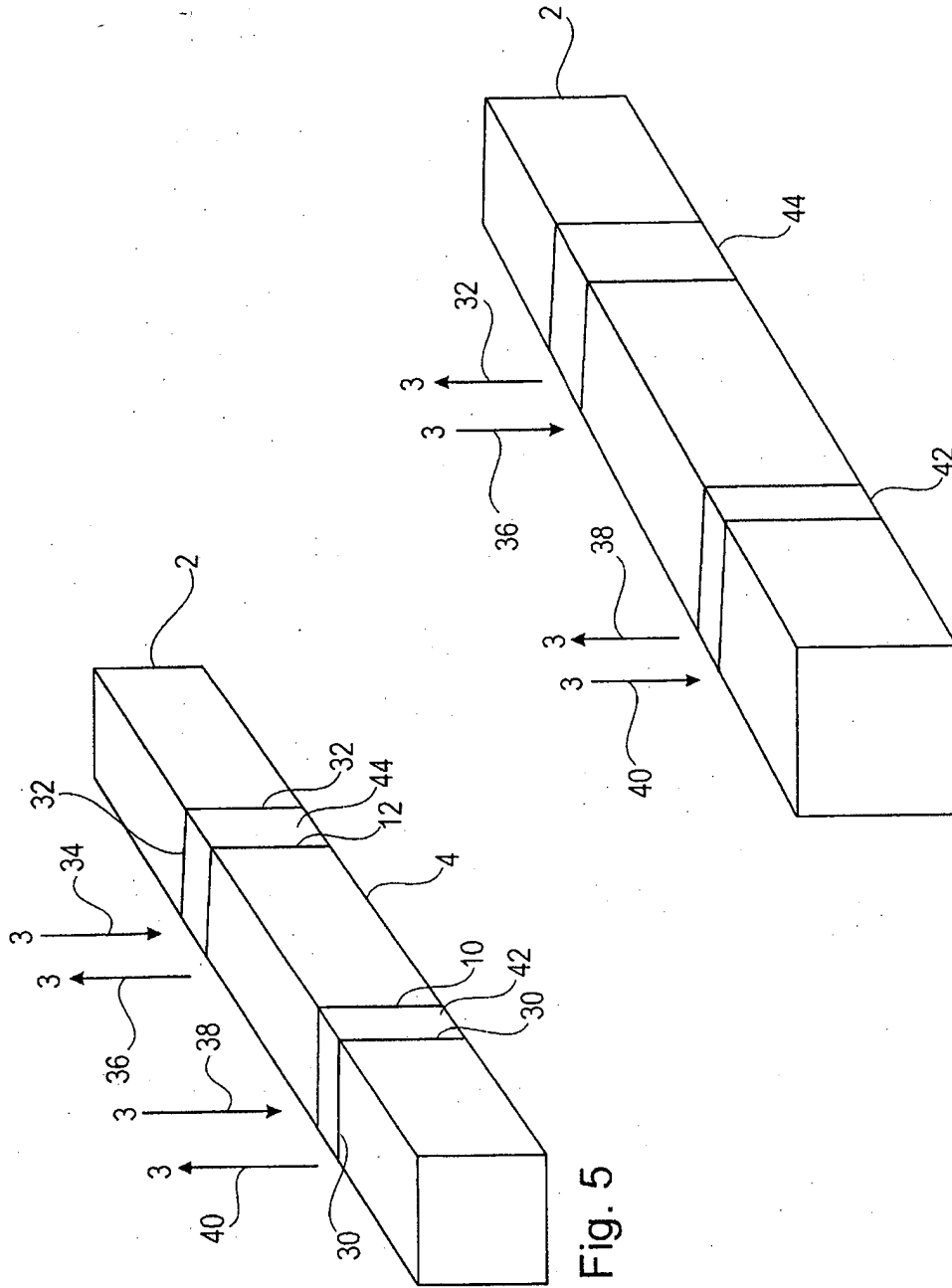


Fig. 5

Fig. 6

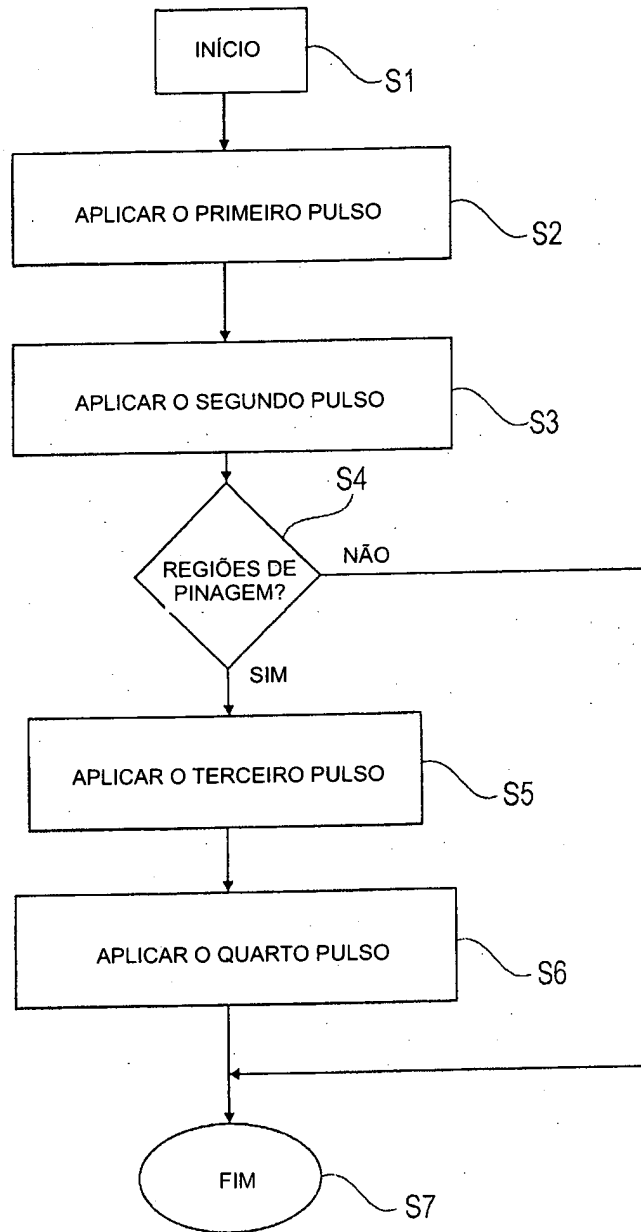


Fig. 7

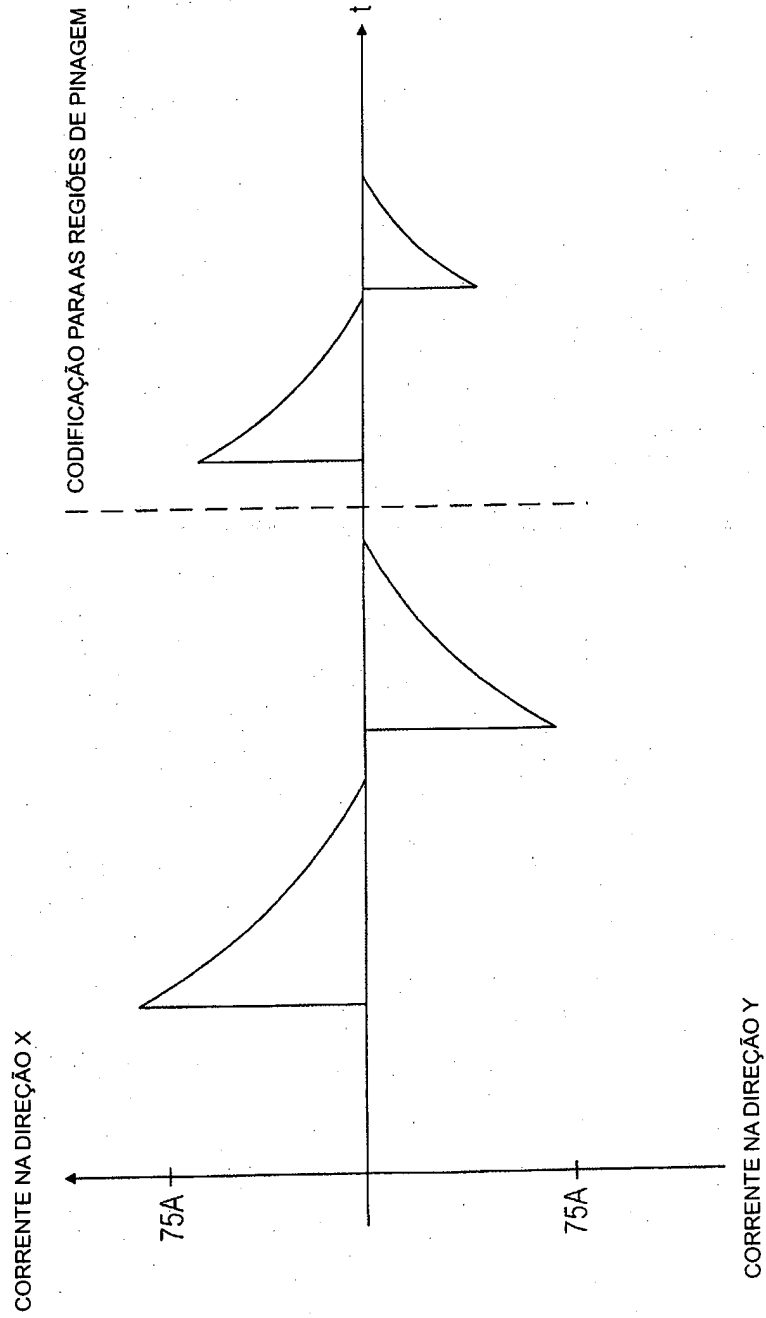


Fig. 8

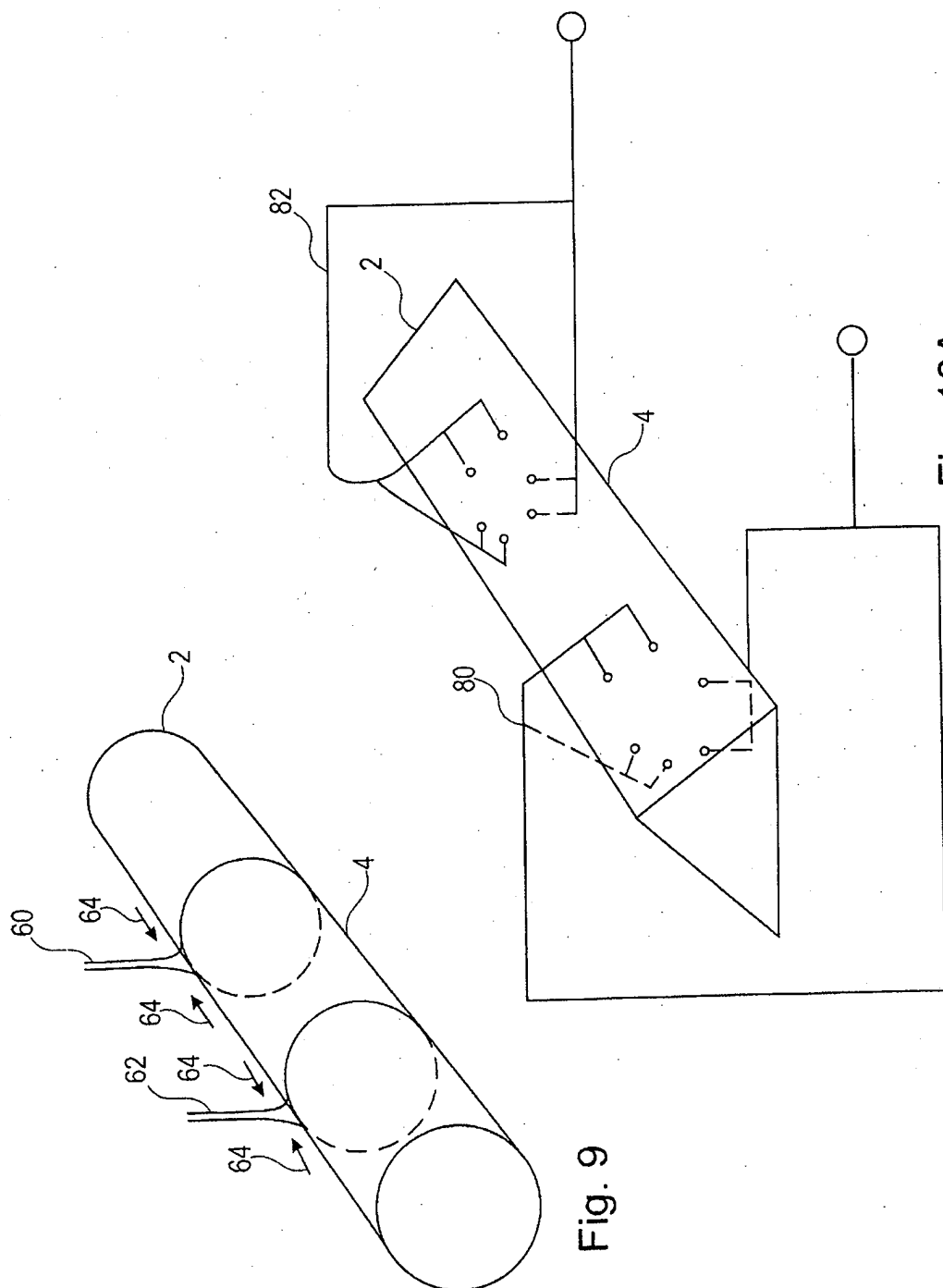


Fig. 9

Fig. 10A

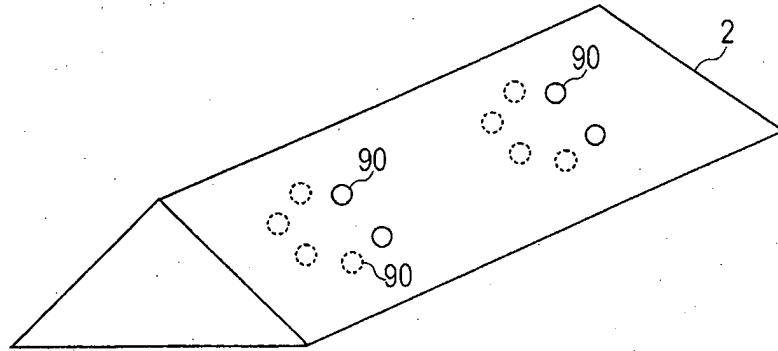


Fig. 10B

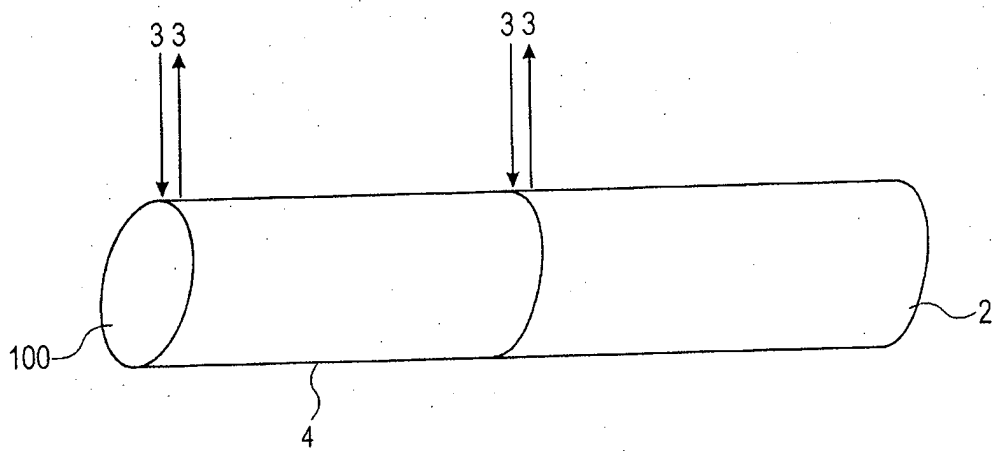


Fig. 11

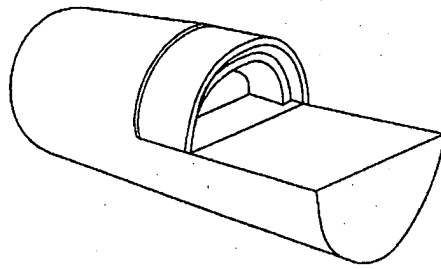


Fig. 12

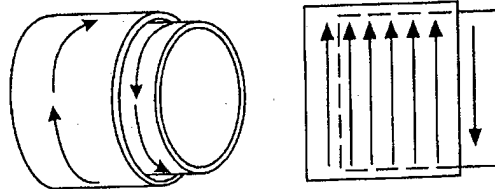


Fig. 13

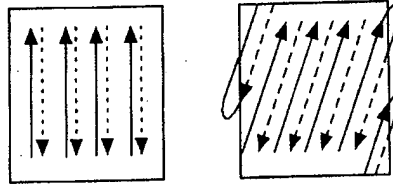


Fig. 14

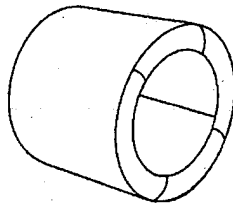


Fig. 15

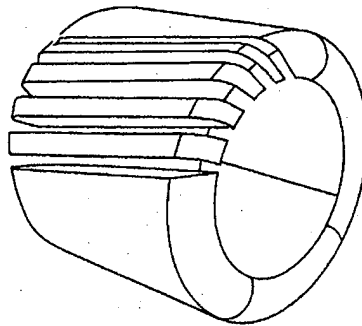


Fig. 16



Fig. 17

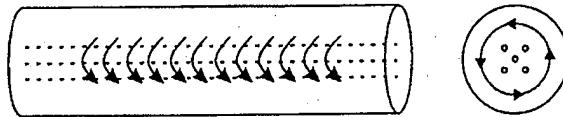


Fig. 18

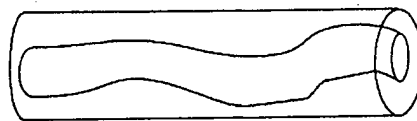


Fig. 19

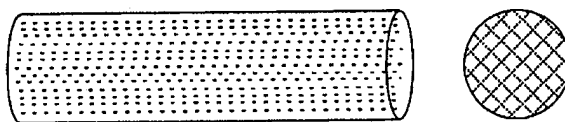


Fig. 20

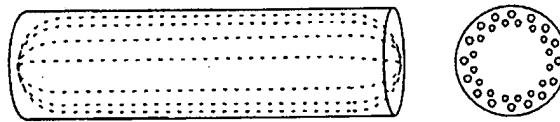


Fig.21

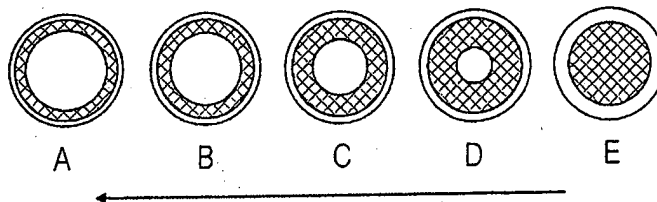


Fig.22

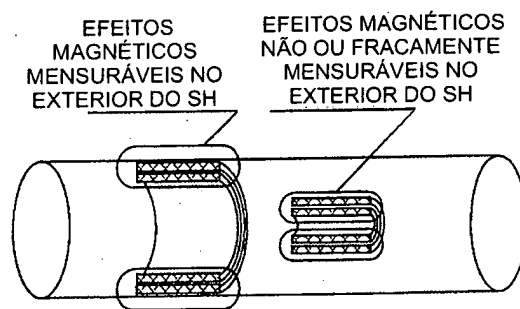


Fig.23

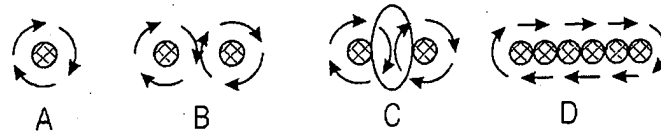


Fig.24

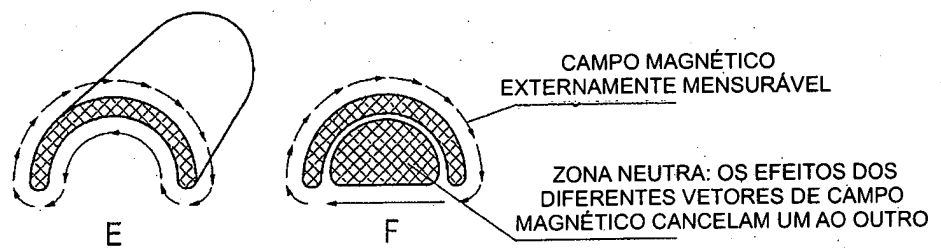


Fig.25

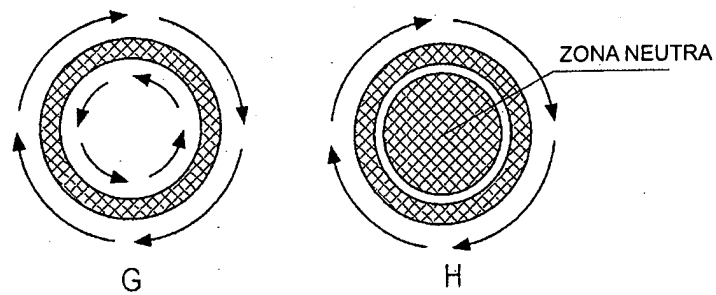


Fig.26

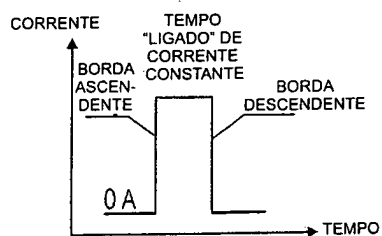


Fig. 27

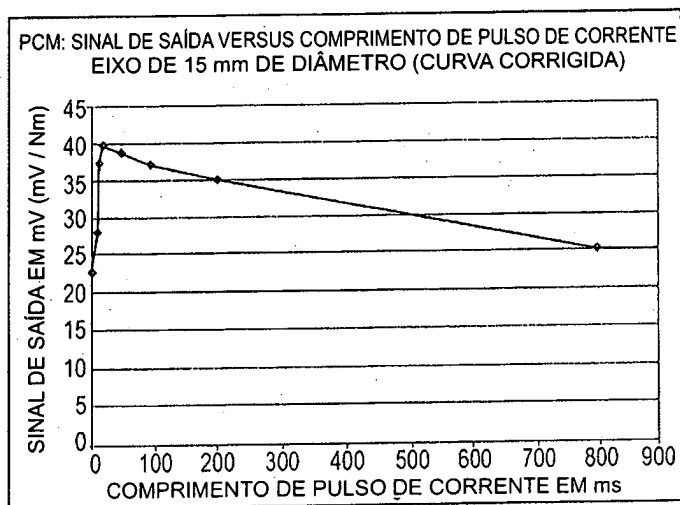


Fig. 28

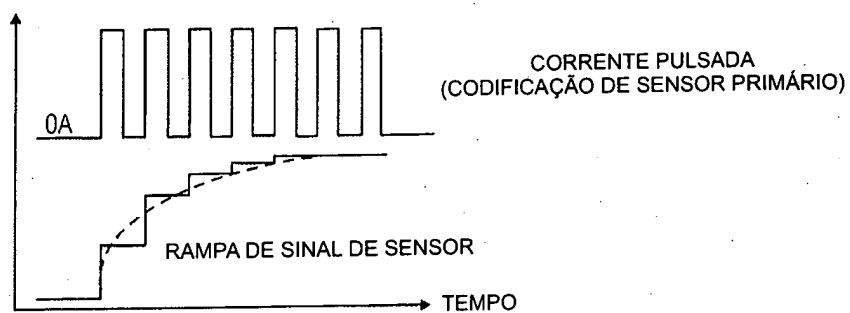


Fig. 29

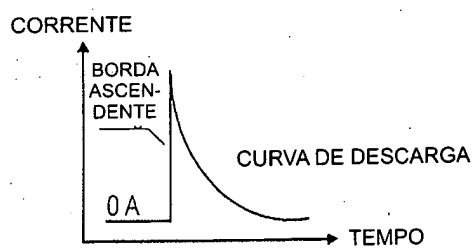


Fig. 30

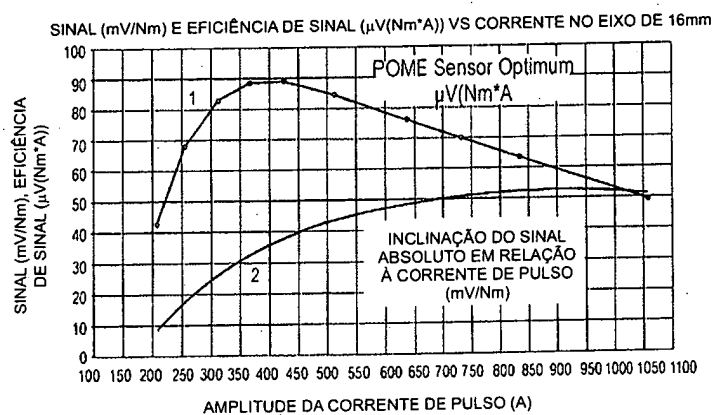


Fig. 31

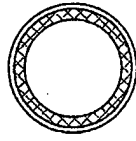


Fig. 32

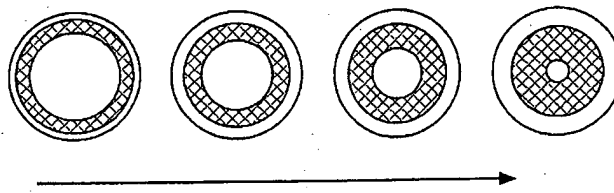


Fig. 33

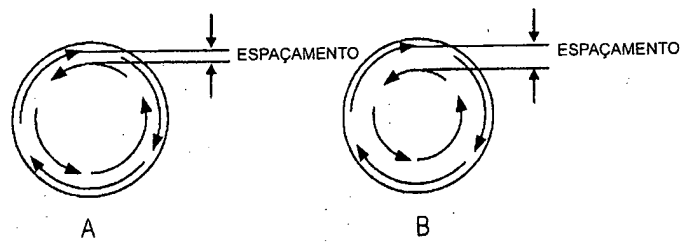


Fig. 34

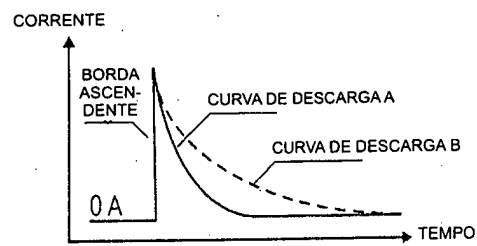


Fig. 35

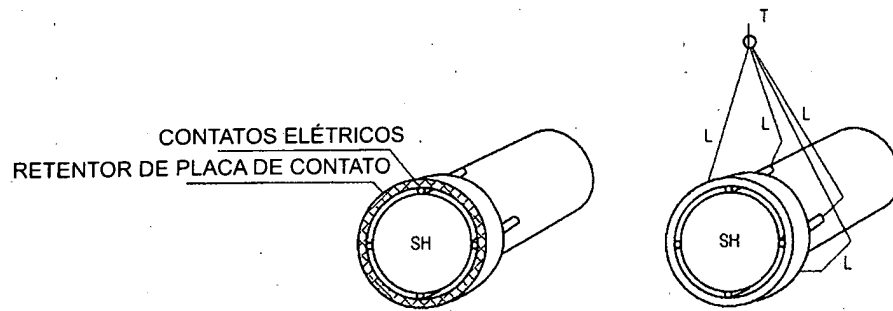


Fig. 36

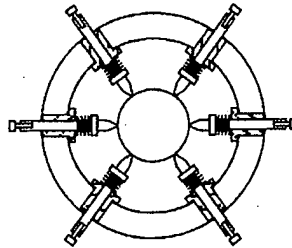


Fig. 37

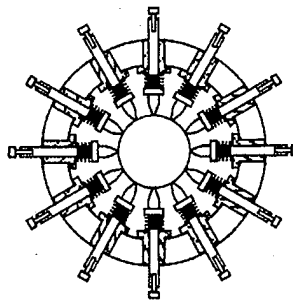


Fig. 38

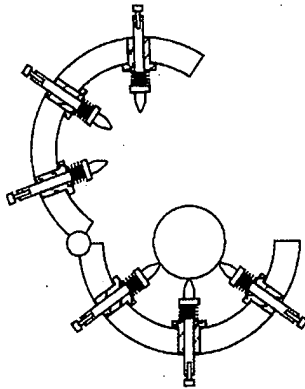


Fig. 39

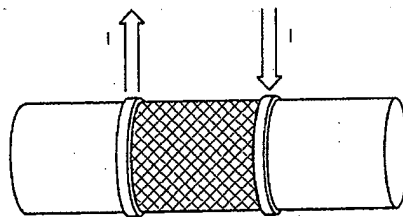


Fig. 40

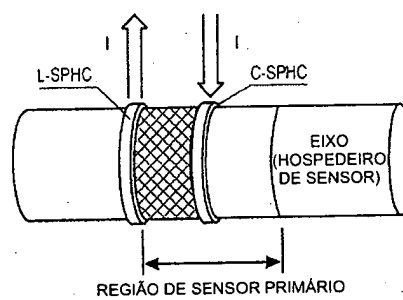


Fig. 41

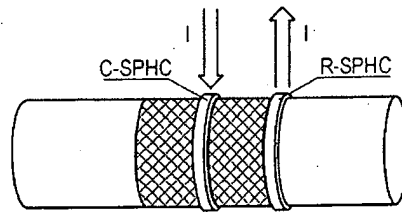


Fig.42

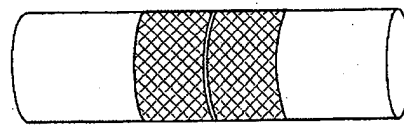


Fig.43

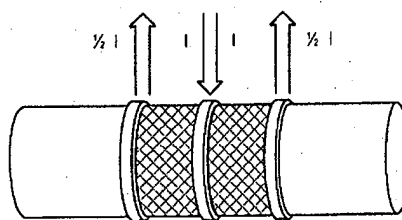


Fig.44

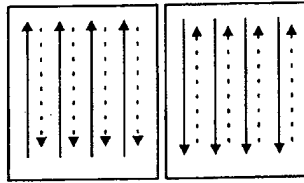


Fig. 45

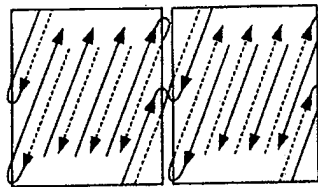


Fig. 46

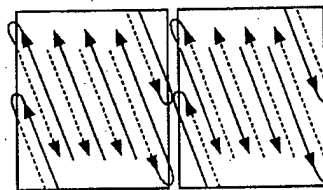


Fig. 47

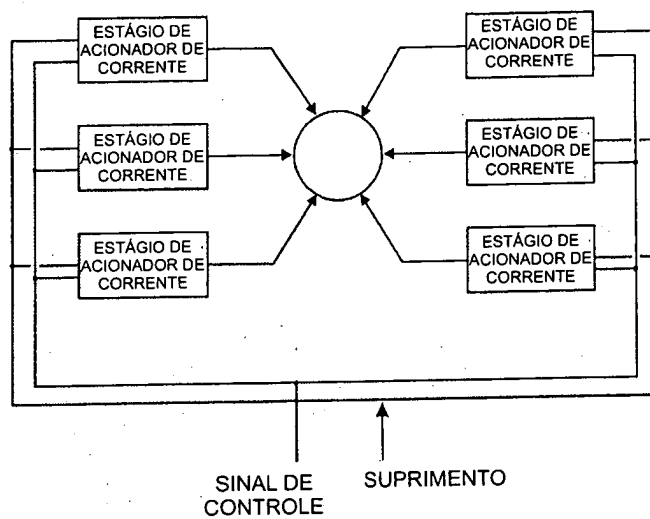


Fig. 48

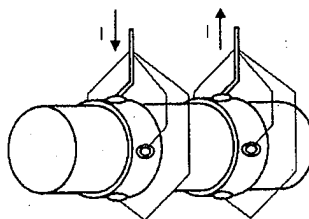


Fig. 49

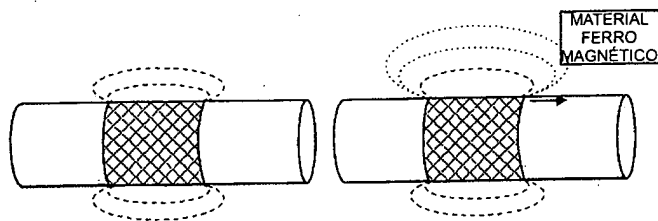


Fig. 50

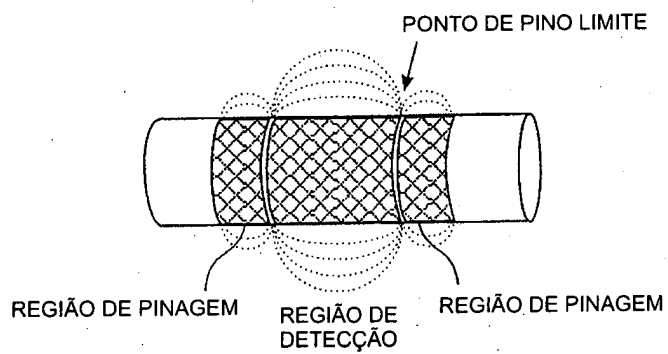


Fig. 51

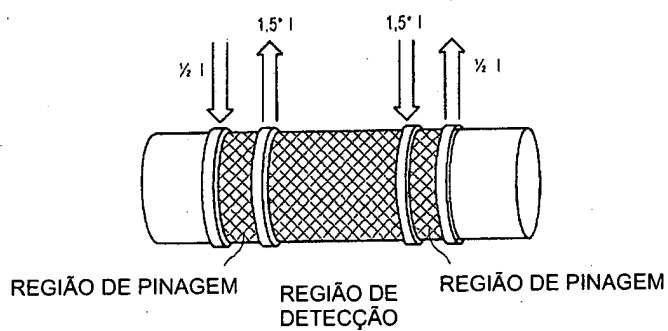


Fig. 52

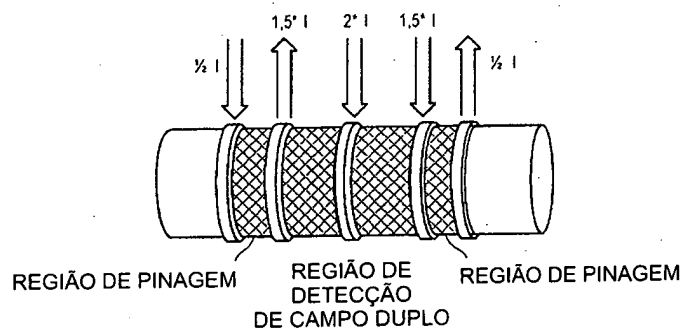


Fig. 53

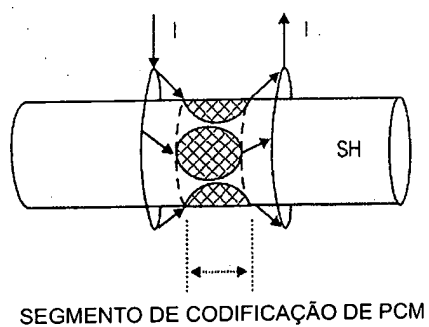


Fig. 54

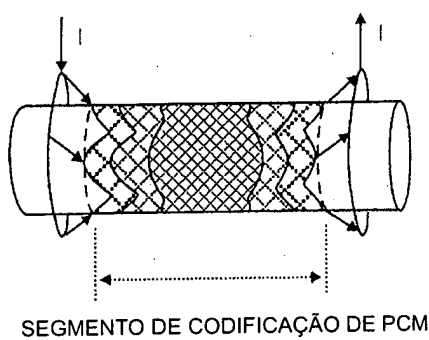


Fig. 55

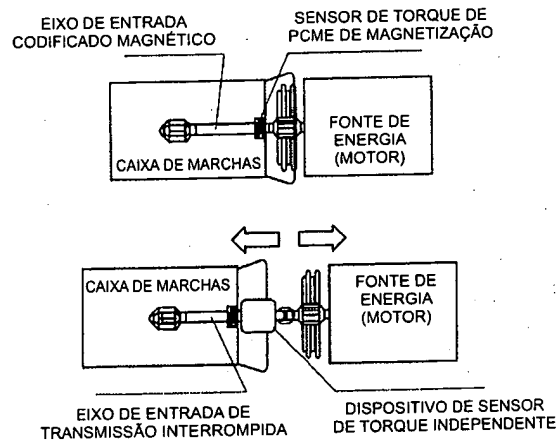


Fig.56

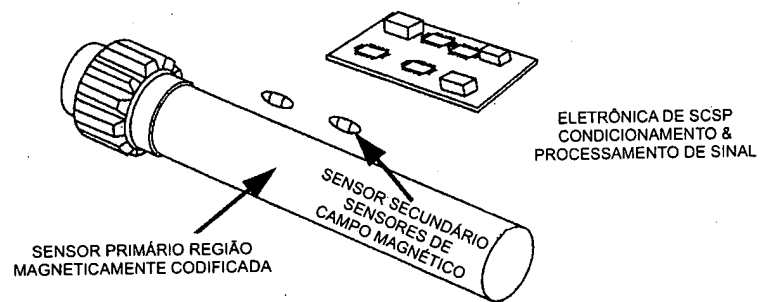


Fig.57

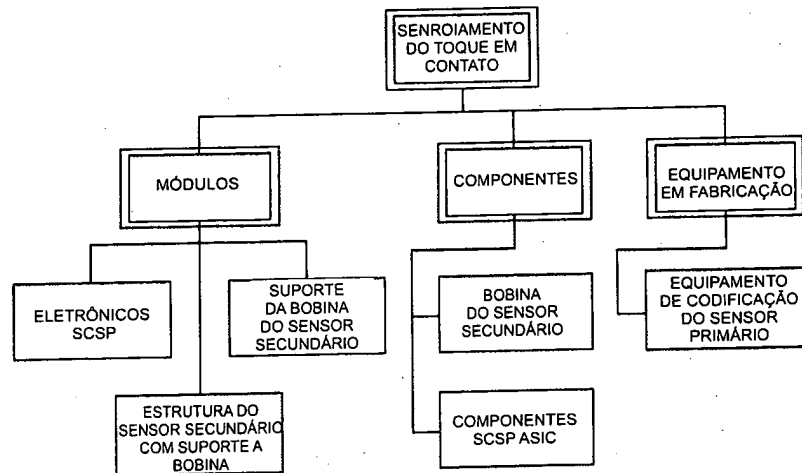


Fig. 58

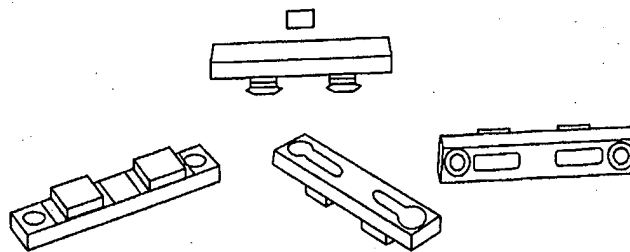


Fig. 59

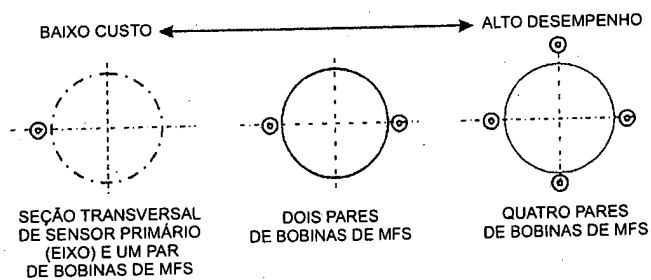


Fig. 60

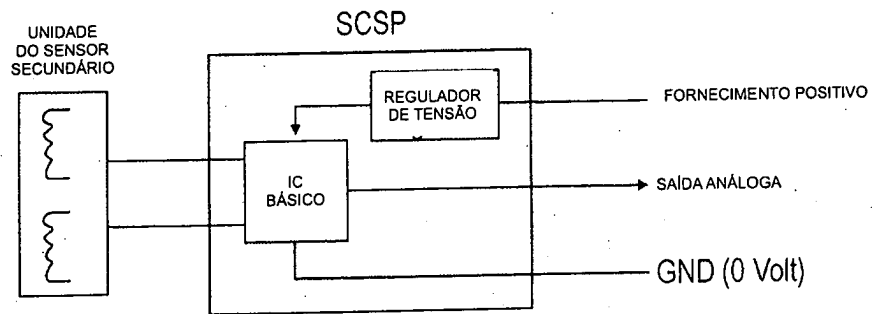


Fig. 61

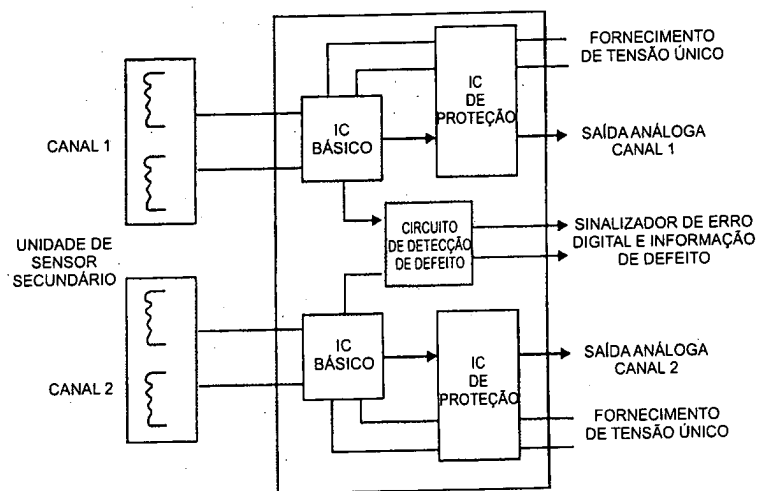


Fig. 62

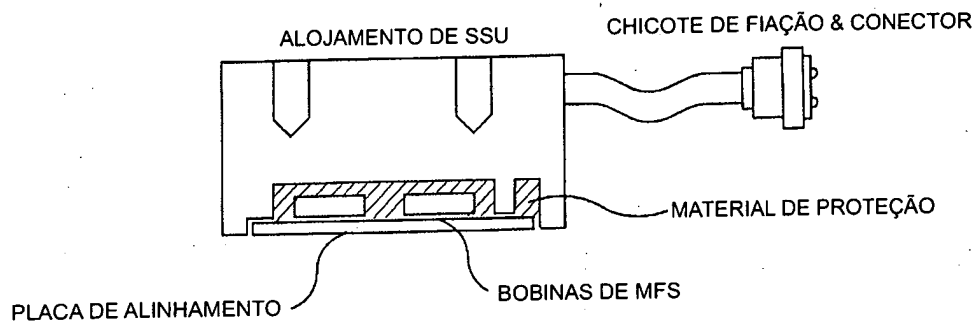


Fig. 63

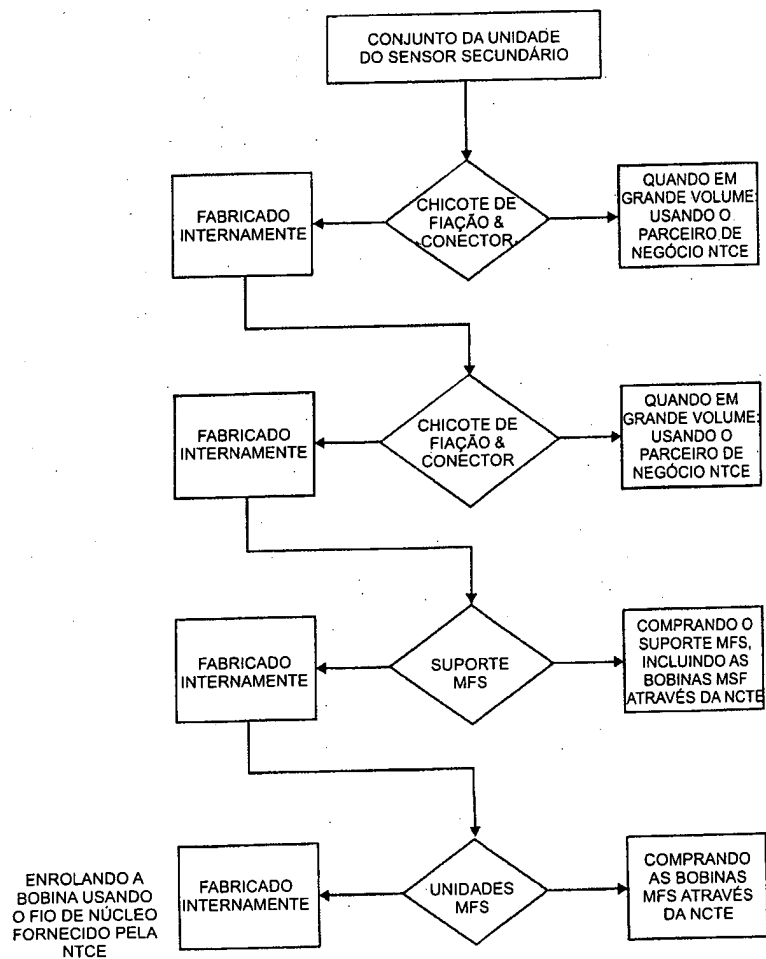


Fig. 64

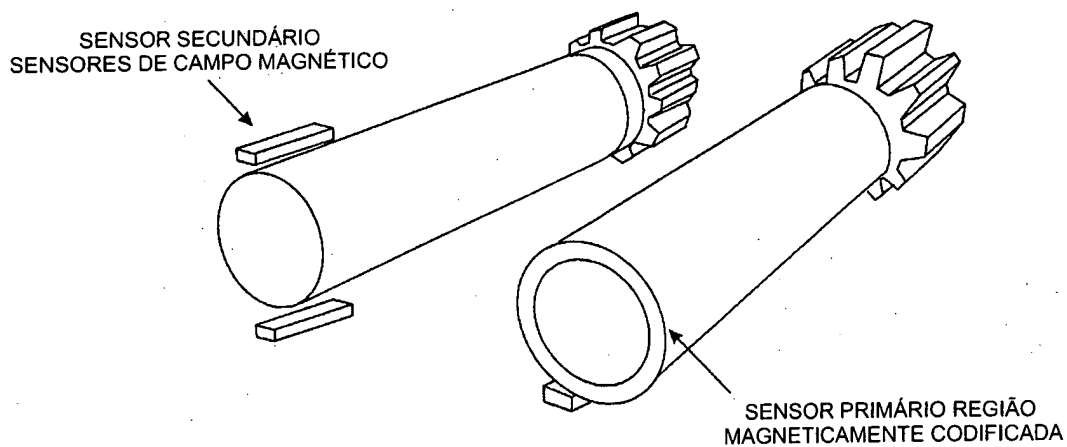


Fig. 65

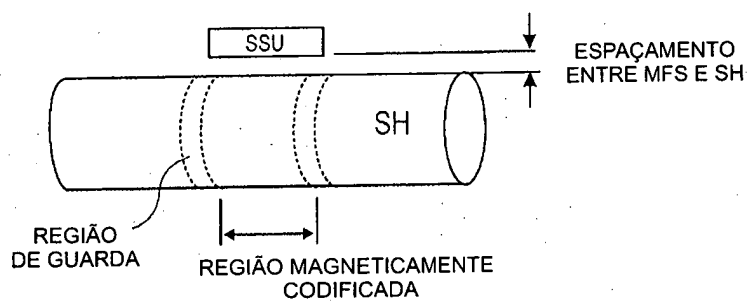


Fig. 66

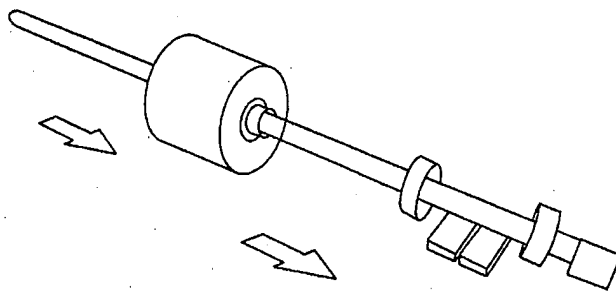


Fig. 67

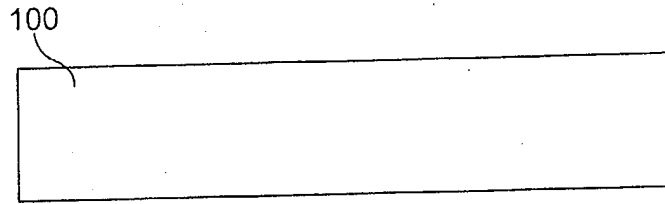


Fig. 68

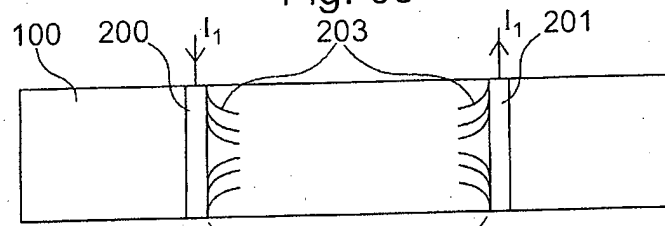


Fig. 69

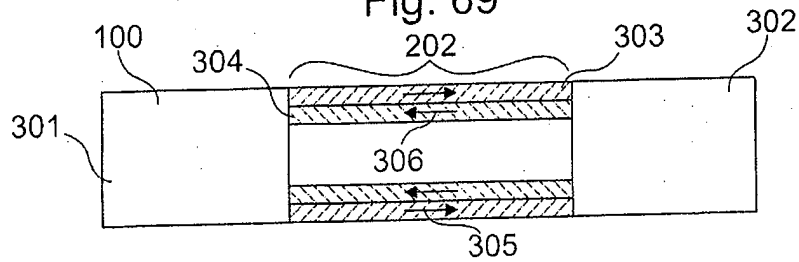


Fig. 70

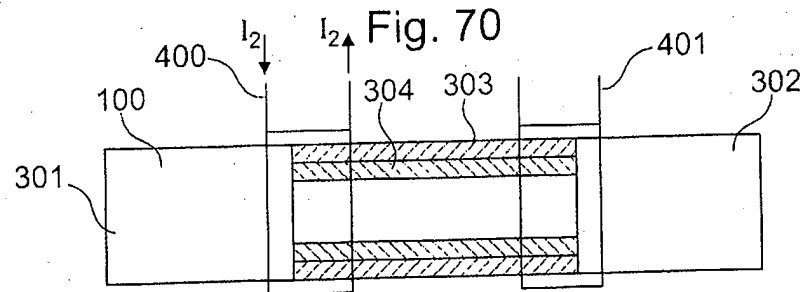


Fig. 71

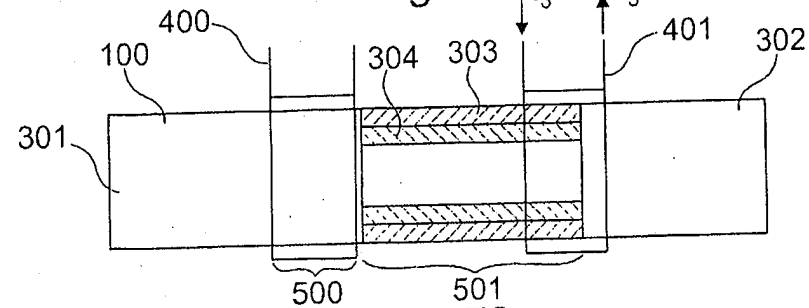


Fig. 72

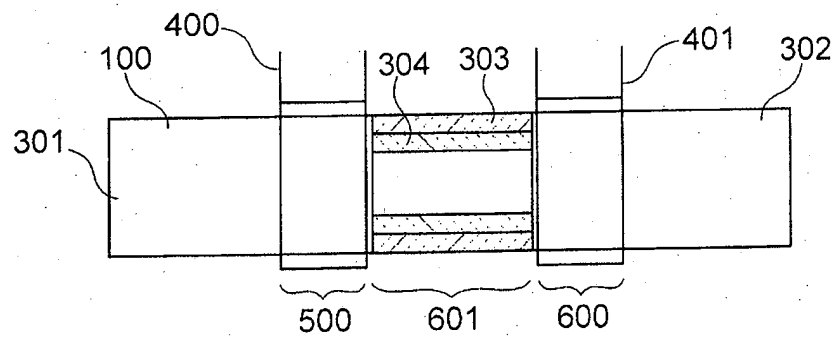


Fig. 73

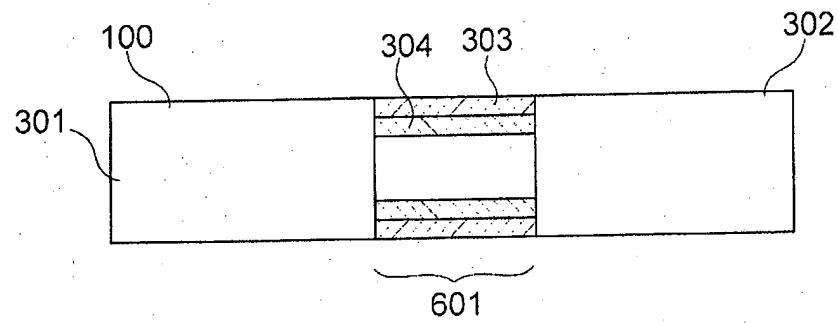


Fig. 74

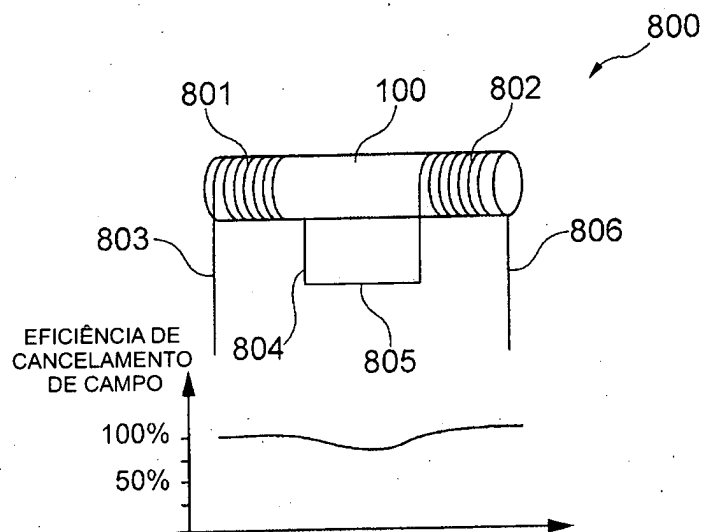


Fig. 75

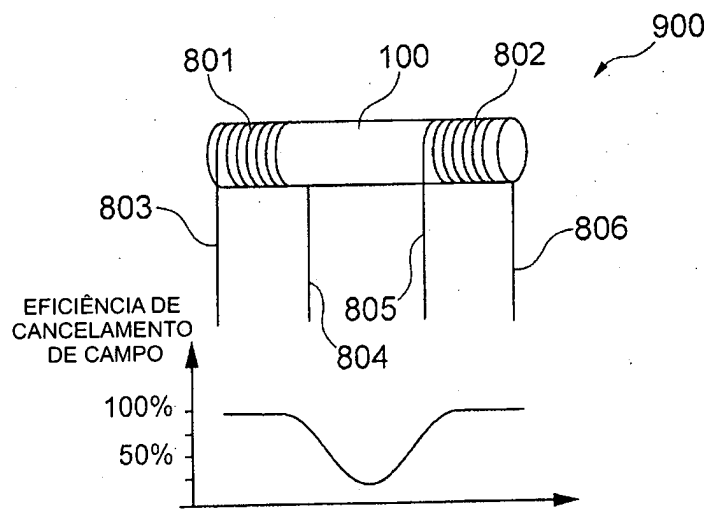


Fig. 76

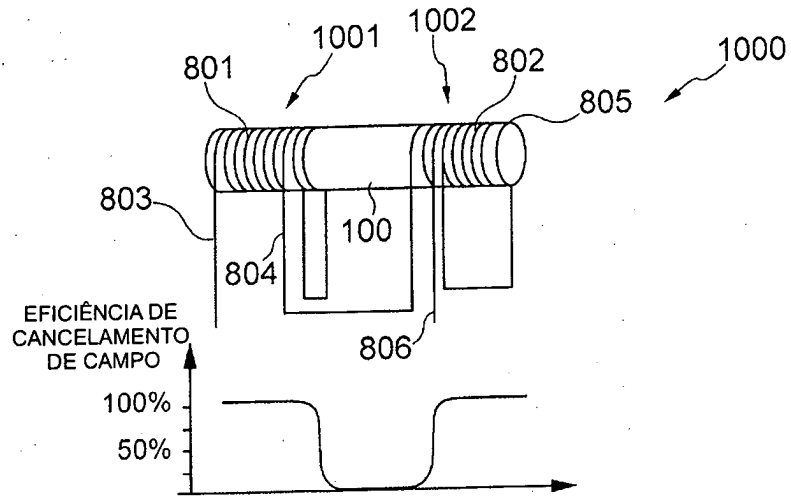


Fig. 77A

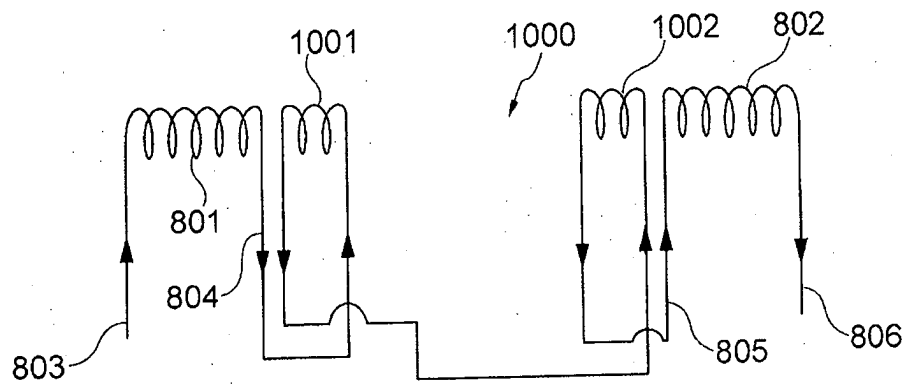


Fig. 77B

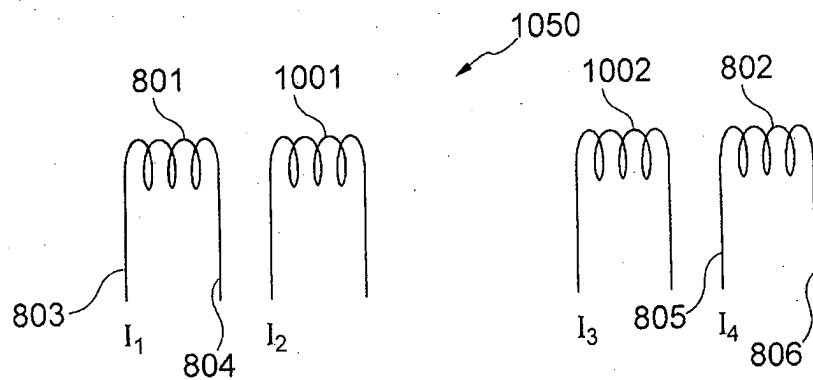


Fig. 77C

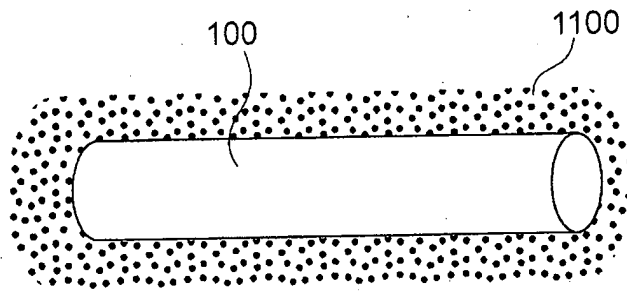


Fig. 78A

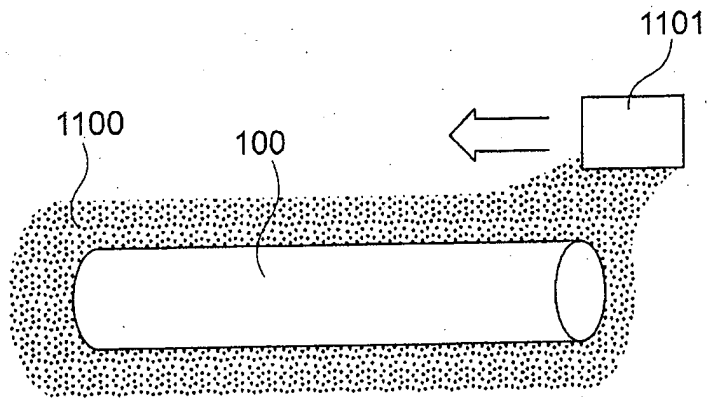


Fig. 78B

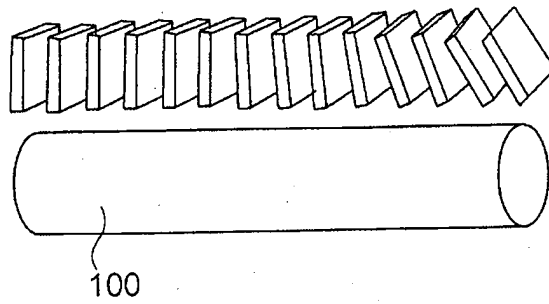
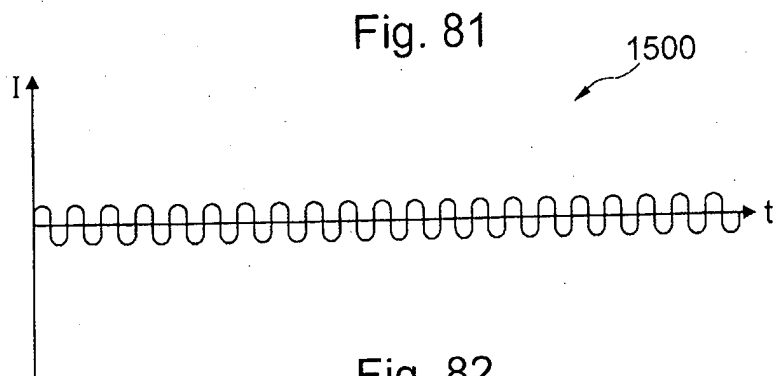
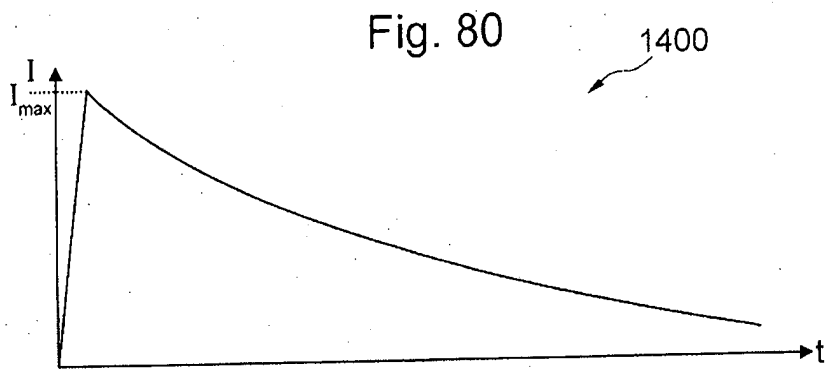
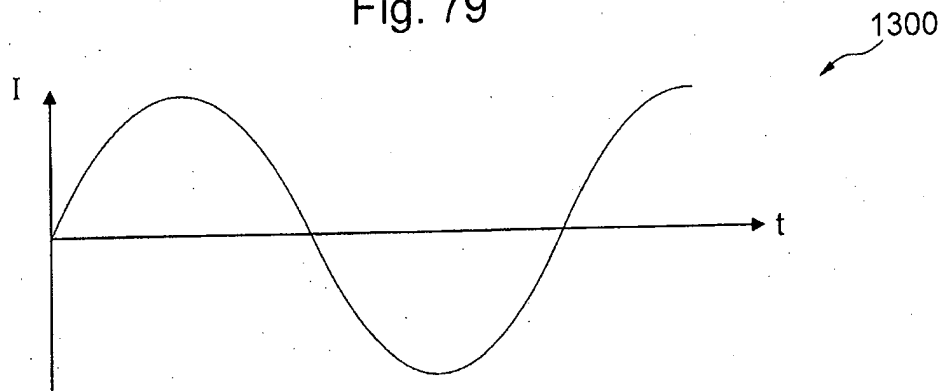
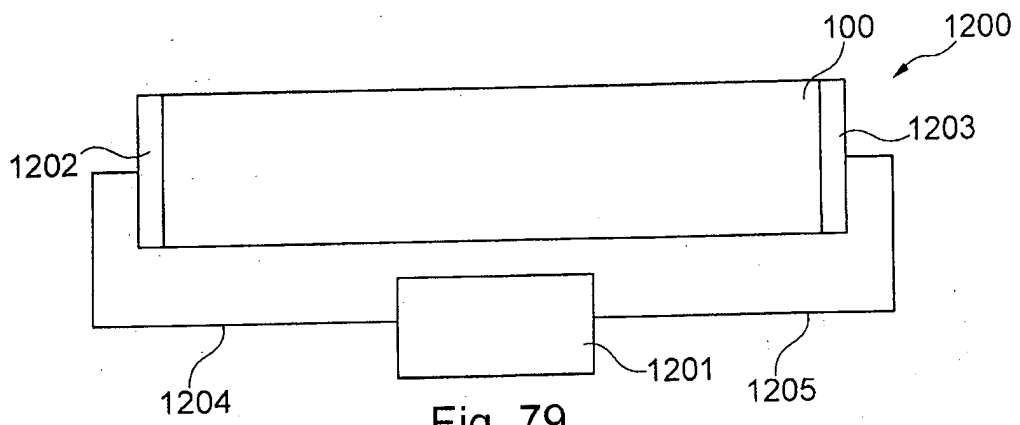


Fig. 78C



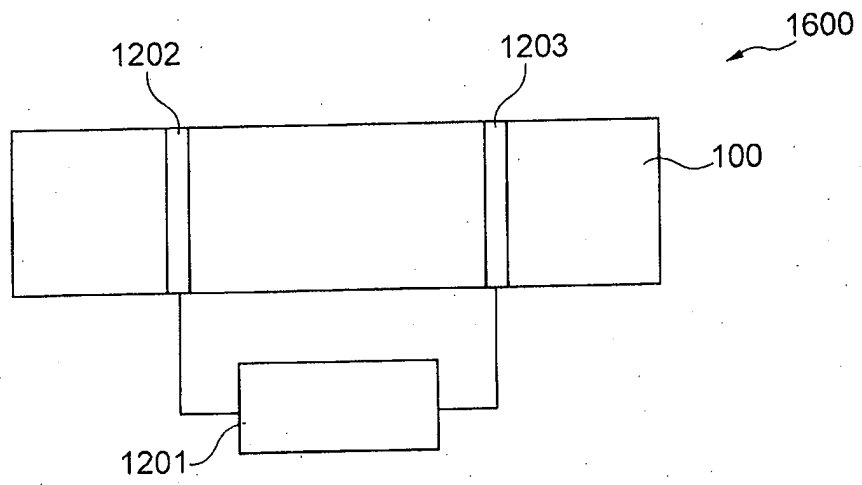


Fig. 83

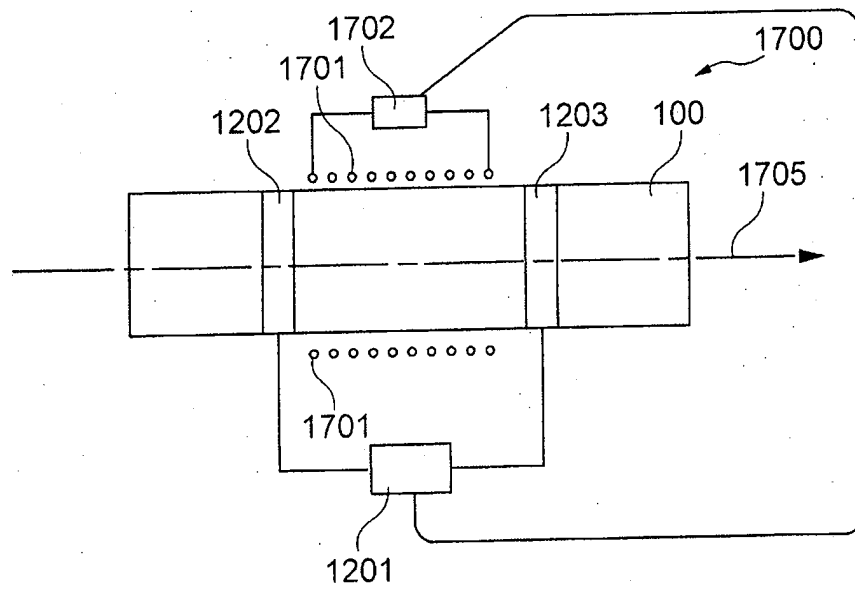


Fig. 84

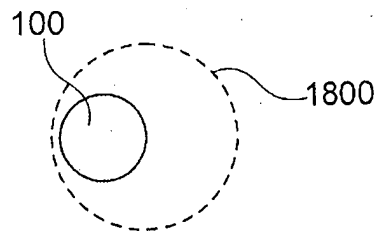


Fig. 85

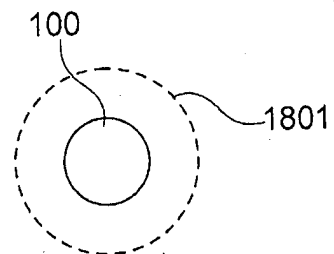
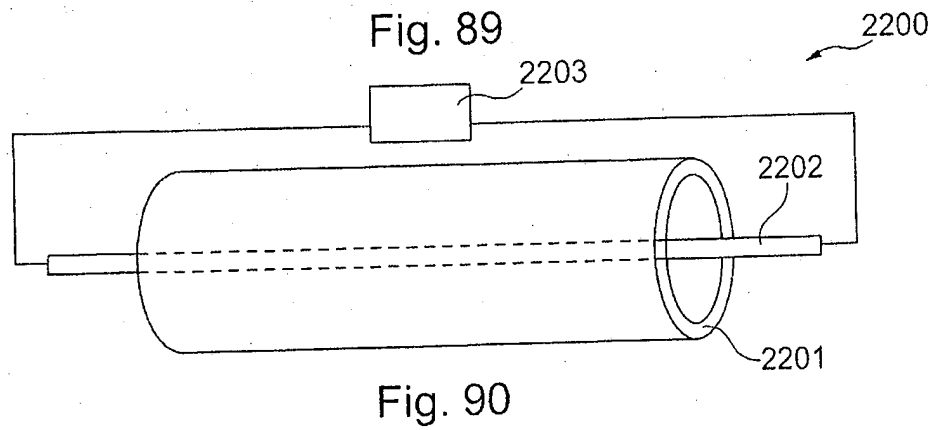
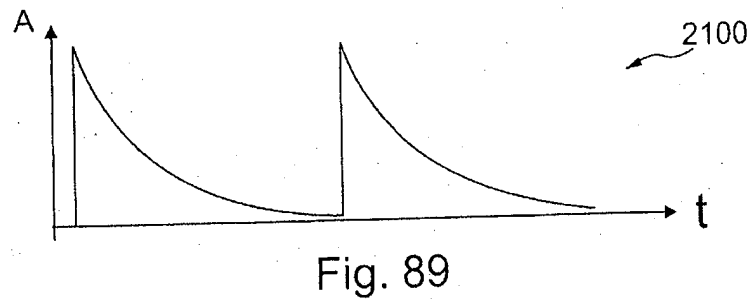
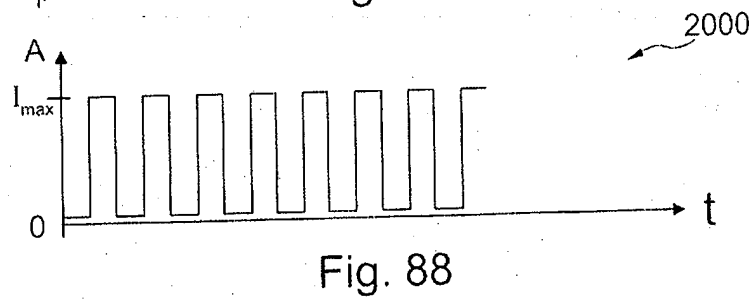
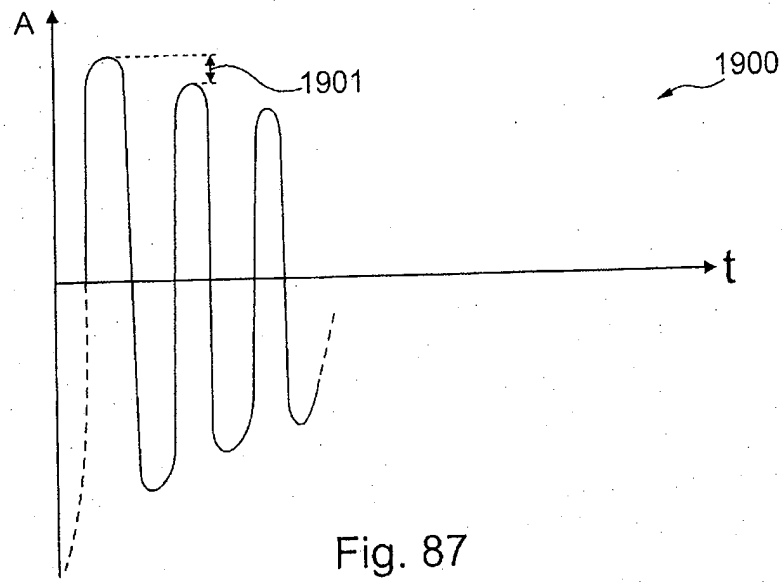


Fig. 86



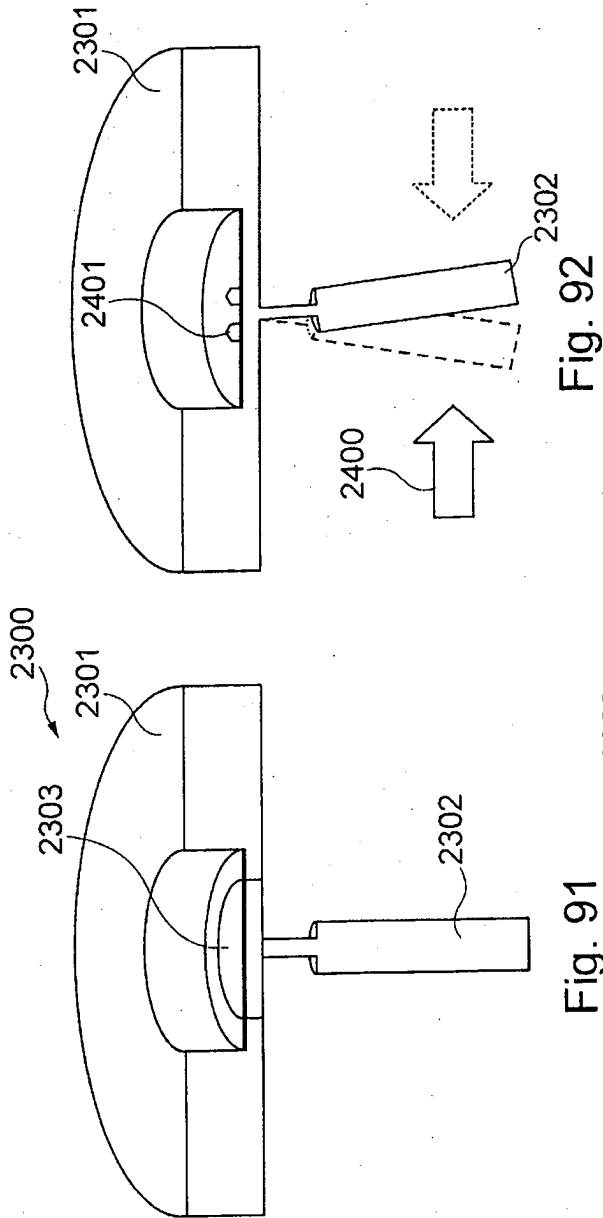


Fig. 91

Fig. 92

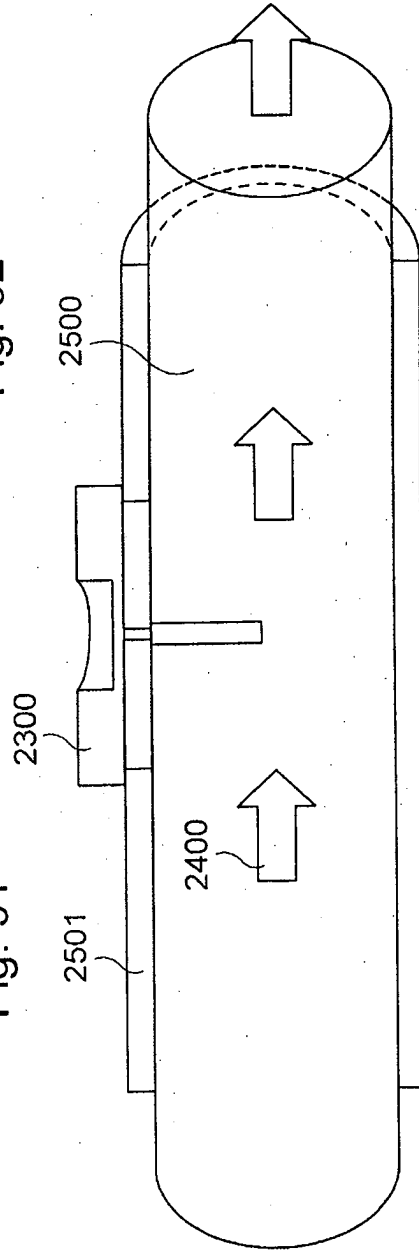


Fig. 93

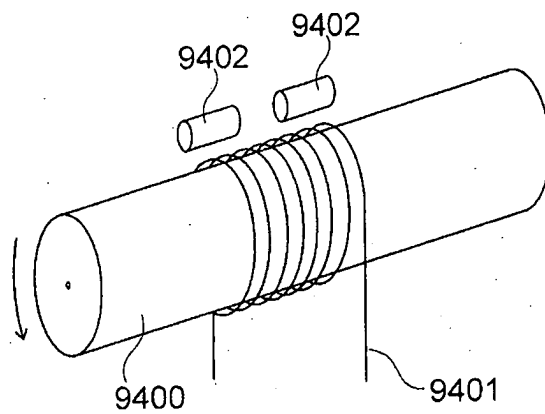


Fig. 94

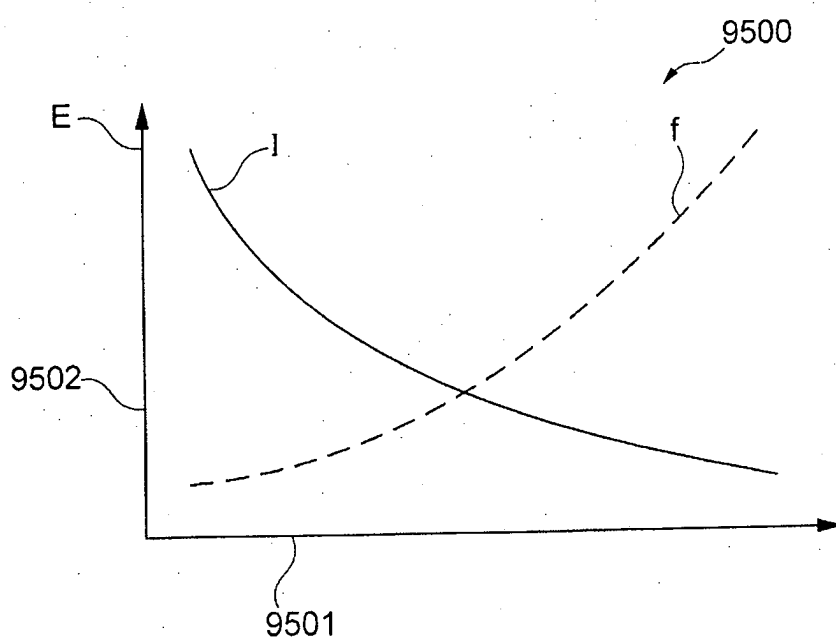


Fig. 95

RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO E REDE PARA MAGNETIZAR UM OBJETO MAGNETIZÁVEL"**.

A presente invenção refere-se a um método para magnetizar um objeto magnetizável (100), o método compreendendo as etapas de aplicar um primeiro sinal de desmagnetização (1300) no objeto magnetizável para desmagnetizar o objeto magnetizável, em que o primeiro sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado que tem uma primeira frequência e uma primeira amplitude, aplicar um sinal de magnetização (1400) no objeto magnetizável desmagnetizado para magnetizar o objeto magnetizável, e aplicar um segundo sinal de desmagnetização (1500) no objeto magnetizável magnetizado para desmagnetizar parcialmente o objeto magnetizável magnetizado, em que o segundo sinal de desmagnetização é um sinal elétrico alternado que tem uma segunda frequência e uma segunda amplitude.