



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

(11) PI 0720883-9 B1



(22) Data do Depósito: 06/12/2007

(45) Data de Concessão: 14/05/2019

(54) Título: MÉTODO PARA A DETERMINAÇÃO DE UMA VARIÁVEL INFLUENCIADORA ATUANDO NA EXCENRICIDADE EM UM GONIÔMETRO

(51) Int.Cl.: G01D 5/244; G01D 5/347.

(30) Prioridade Unionista: 09/01/2007 EP 07 100296.8.

(73) Titular(es): LEICA GEOSYSTEMS AG.

(72) Inventor(es): HEINZ LIPPUNER; KNUT SIERKS; BEAT AEBISCHER.

(86) Pedido PCT: PCT EP2007010574 de 06/12/2007

(87) Publicação PCT: WO 2008/083797 de 17/07/2008

(85) Data do Início da Fase Nacional: 07/07/2009

(57) Resumo: MÉTODO PARA A DETERMINAÇÃO DE UMA VARIÁVEL INFLUENCIADORA ATUANDO NA EXCENRICIDADE EM UM GONIÔMETRO A presente invenção refere-se a um método para a determinação de pelo menos uma variável influenciadora atuando na excentricidade em um goniômetro, usando uma disposição de detector consistindo em quatro elementos detectores ópticos (3), e um corpo rotacional compreendendo uma pluralidade de elementos-padrão (6) dispostos em torno de um centro-padrão (MZ), o corpo rotacional sendo disposto de forma giratória em torno de um eixo geométrico (4). De acordo com o dito método, pelo menos alguns dos elementos-padrão (6) são reproduzidos na disposição de detector, as posições dos elementos- padrão (6) reproduzidas na disposição de detector são resolvidas, sendo determinada a excentricidade do centro-padrão (MZ) em relação a um centro de detector (DZ) da disposição de detector. Uma pluralidade de tais medições de excentricidade para diferentes posições rotacionais capacita diferentes variáveis influenciadoras atuando na excentricidade atual a se separarem, especialmente, pela formação de unidades.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO PARA A DETERMINAÇÃO DE UMA VARIÁVEL INFLUENCIADORA ATUANDO NA EXCENTRICIDADE EM UM GONIÔMETRO**".

[001] A presente invenção refere-se a um método para a determinação de pelo menos uma variável influenciadora atuando na excentricidade medida em um goniômetro.

[002] Métodos e aparelhos para a determinação acurada de um ângulo de rotação têm sido usados por muitos anos, *inter alia* como encodificadores de eixo em aparelhos de medição, em especial, em inspeção geodésica e industrial. Por meio de tais métodos e aparelhos é até mesmo possível, com as precauções apropriadas, resolver um círculo completo sobre um milhão de unidades com uma acuidade de medição da ordem de amplitude de uns poucos segundos por arco.

[003] De modo a serem capazes de alcançar tais altas acuidades, em primeiro lugar, o detector deve ser disposto em uma posição estável com relação a um mancal por meio do qual o corpo rotacional é montado, de modo a ser girado em torno de um eixo geométrico com relação ao detector. Em segundo lugar, alta estabilidade dimensional e estabilidade de forma do corpo rotacional, em particular, a disposição e a formação dos elementos-padrão dispostos em torno de um centro-padrão, em sucessão, na direção de rotação no corpo de rotação é uma pré-condição essencial. Em adição as imperfeições parciais de passo, que são devido a desvios das distâncias especificadas entre os elementos-padrão individuais dispostos em sucessão, e/ou a desvios das dimensões dos próprios elementos-padrão, na prática, a locação do centro-padrão por uma distância a partir do eixo geométrico, uma assim chamada excentricidade do centro-padrão com relação ao eixo geométrico, frequentemente torna impossível obter as acuidades requeridas. Devido às tolerâncias de fabricação, que estão sempre presentes, cada corpo rotacional tem uma excentricidade que, como re-

gra, tem um valor constante. Sobretudo, em adição a excentricidade do padrão total, isto é, da totalidade de todos os elementos-padrão com relação ao corpo rotacional ou do centro do passo com relação ao eixo, erros de passo reais do círculo também podem ocorrer, isto é, um desvio dos elementos-padrão individuais com relação um ao outro e, ainda, dentro da disposição dos elementos-padrão.

[004] O corpo rotacional é guiado de forma giratória em um mancal, adicionalmente influenciando parâmetros atuando na excentricidade mensurável resultante através da disposição mecânica. Os desvios de concentricidade do mancal que resultam do mesmo podem, portanto, também fazer uma contribuição para a excentricidade. Se cargas significantes atuam, devido às forças, em partes do aparelho durante a determinação dos ângulos de rotação, em particular, no caso de objetos quantificados a serem medidos, podem ocorrer excentricidades dependentes do ângulo de rotação ou mudanças como uma função do tempo. Essas são ocasionadas ou incrementadas, por exemplo, por um mancal atuando em qualquer caso presente e por uma mudança devido à lubrificação do mancal e da carga do mancal. Sobretudo, erros de tombamento ocorrem como resultado de uma inclinação do eixo geométrico de rotação do corpo rotacional.

[005] De modo a reduzir ou completamente impedir tais erros mecânicos do mancal, comparativamente de alto valor, mancais complicados que tornam possível estabilizar a excentricidade dentro de uma tolerância permissível têm sido usados atualmente, de modo que não ocorra pelo menos nenhuma mudança de uma excentricidade mecânica calibrável.

[006] Em muitos goniômetros, os elementos-padrão são mapeados opticamente sobre uma disposição de um ou mais elementos de detector, por exemplo, sensores CCD ou CMOS, como descrito, por exemplo, em CH 658514. O ângulo do corpo rotacional com relação à

disposição de detector pode ser inferido a partir da posição dos elementos-padrão na disposição ou componentes de detector do mesmo. Aqui, um centro de detector, por exemplo, o ponto mediano do elemento de detector no caso de um elemento de detector único ou, no caso de uma pluralidade de elementos de detector, o centróide de área da área coberta pelos mesmos serve como uma variável de referência, o centro de detector, o ponto de pivô e o centro dos elementos-padrão coincidindo no caso ideal sem os erros de excentricidade mecânica.

[007] Em adição às variáveis influenciadoras mecânicas já descritas e atuando na excentricidade medida, contudo, existem também influências devido aos componentes eletrônicos usados. Isso resulta, por exemplo, de erros de quantização ou de ruído de eletrônicos análogos. Ambas as variáveis influenciadoras eletrônicas e mecânicas são geralmente dependentes das mudanças, como uma função de tempo ou devido às variações de temperatura.

[008] Para medir a excentricidade atual, a EP 1 632 754 descreve um método no qual pelo menos uma parte de uma multiplicidade de elementos-padrão dispostos em torno de um centro-padrão, uma multiplicidade a qual é disposta em sucessão na direção de rotação é pelo menos parcialmente mapeada através de feixes ópticos em uma multiplicidade de elementos de detector de um detector óptico que são dispostos em filas.

[009] Os elementos-padrão são dispostos em um corpo rotacional que é conectado ao detector, de modo a ser girável em torno do eixo geométrico. As posições dos elementos-padrão mapeados são decididas através dos elementos de detector de um e do mesmo detector. Em uma primeira etapa, efeitos de uma excentricidade do centro-padrão com relação ao eixo geométrico na determinação de um ângulo de rotação são determinados computacionalmente através das

posições decididas de pelo menos um elemento-padrão. Em uma segunda etapa, o ângulo de rotação é acuradamente determinado através das posições decididas dos elementos-padrão dispostos um atrás do outro, levando em conta os efeitos determinados.

[0010] Em uma variação do método aqui descrito, elementos-padrão dispostos um atrás do outro são combinados em pelo menos dois grupos na primeira etapa por meio de uma etapa intermediária e pelo menos duas posições de grupos são computacionalmente determinadas através das posições individuais decididas dos elementos-padrão combinados em cada caso. Efeitos da excentricidade e da determinação do ângulo de rotação são, então, computacionalmente determinados através de pelo menos duas posições do grupo determinado. Isso pode ser efetuado com uma acuidade mais alta através das posições do grupo determinadas.

[0011] Um aparelho correspondente tem um detector óptico, que compreende uma multiplicidade de elementos de detector dispostos em fileiras, e um corpo rotacional que compreende uma multiplicidade de elementos-padrão dispostos em torno de um centro-padrão, uma multiplicidade da qual os elementos de padrões são dispostos um atrás do outro na direção de rotação. O corpo rotacional é conectado ao detector de modo a ser girado em torno de um eixo geométrico. Pelo menos uma parte dos elementos-padrão pode ser pelo menos parcialmente mapeada nos elementos de detecto através de feixes ópticos. Posições dos elementos-padrão mapeados podem ser resolvidas através dos elementos de detector de um e do mesmo detector. Os elementos-padrão e os elementos de detector são formados e dispostos nesse aparelho, de tal forma que os efeitos de uma excentricidade do centro-padrão com relação ao eixo geométrico na determinação de um ângulo de rotação podem ser automaticamente determinados computacionalmente através das posições decididas de pelo menos

um dos elementos-padrão e do ângulo de rotação pode ser acuradamente determinados através das posições decididas dos elementos-padrão dispostos um atrás do outro, levando em conta os efeitos da excentricidade.

[0012] Uma vez que ambos os efeitos de uma excentricidade na determinação do ângulo de rotação podem ser computacionalmente determinados e o ângulo de rotação em torno de um eixo geométrico pode ser acuradamente determinado através de um e do mesmo detector, podem ser utilizados aparelhos para a determinação acurada de um ângulo de rotação com alta resolução. Uma vez que a determinação dos efeitos de uma excentricidade e a determinação do ângulo de rotação são efetuadas levando em conta os efeitos através de um e do mesmo detector com uma e a mesma região de posição decidida, alta acuidade e robustez de tais aparelhos podem, sobretudo, ser obtidas. É também possível executar ambas as funções com as mesmas suposições dos elementos de padrões decididas ao mesmo tempo.

[0013] O US 2001/0013765 descreve um goniômetro óptico no qual uma multiplicidade de sensores são dispostas na borda de um portador de código na forma de disco. Com esse sistema, sem medição de excentricidades ou das variáveis influenciadoras do mesmo, os efeitos resultantes do mesmo são aqueles a serem reduzidos ou eliminados pela medição.

[0014] Uma abordagem similar é adotada na DE 199 07 326, um sistema incremental sendo descrito, o qual elimina as possíveis excentricidades pela adição das leituras de contador dos sensores distribuídos em uma maneira definida. Isso significa que os sinais a serem avaliados com uma relação ao ângulo a ser determinado não deve mais ter qualquer efeito de excentricidade. Assim, um erro de excentricidade é compensado pelo sistema.

[0015] Os métodos da técnica anterior assim determinam ou com-

pensam somente as excentricidades atuais como uma variável total e não diferenciam entre as diferentes variáveis influenciadoras e as características associadas, tal como, por exemplo, as variabilidades diferentes como uma função de tempo.

[0016] Em adição a uma redução ou impedimento fundamental de algumas variáveis influenciadoras, por exemplo, o deslocamento translacional do eixo geométrico de rotação pode também ser medida e esse deslocamento pode ser levado em conta para o resultado final da medição ou para as correções diretas. Isso pode ser efetuado, por exemplo, pela medição do deslocamento do mancal radial por métodos de medição de contato ou de não-contato conhecidos, por exemplo, por sondas de medição, diretamente sobre o eixo. De modo a detectar esse movimento no plano, são necessários pelo menos 3 ou mais de tais transdutores de deslocamento. Sensores capacitivos cilíndricos circundando o eixo podem também ser utilizados. Deve ser levado em conta que, no caso de uma pequena diferença entre a mudança de translação do mancal e essas várias influências de erro, é também difícil uma determinação exata do deslocamento do mancal.

[0017] Contudo, goniômetros se tornam mais dispendiosos, complicados e susceptíveis a erros como um resultado de tais sistemas diretamente medindo o estado mecânico do sistema.

[0018] O objetivo geral da presente invenção é o aperfeiçoamento dos métodos para a medição de ângulo, em particular, para a determinação de excentricidade.

[0019] O objetivo mais específico da presente invenção proporciona um método para a determinação de variáveis influenciadoras atuando na excentricidade em um goniômetro, cujo método controla sem componentes adicionais especiais a determinação mecânica individual ou variáveis influenciadoras eletrônicas.

[0020] Um objetivo adicional da presente invenção é permitir as

simplificações estruturais dos mancais dos corpos rotacionais em goníômetros ou reduzir os requerimentos com relação a esses mancais.

[0021] Um objetivo adicional da presente invenção é fazer com que seja algoritmicamente possível determinar as variáveis influenciadoras atuando na excentricidade atual, em particular também com relação às suas variabilidades como uma função do tempo.

[0022] Em um método de acordo com a invenção, para a determinação de um erro de excentricidade para um ângulo de rotação em torno de um eixo geométrico, pelo menos uma parte de uma multiplicidade de elementos-padrão dispostas em torno de um centro-padrão, uma multiplicidade da qual são dispostas em sucessão na direção de rotação, é pelo menos parcialmente mapeada através de feixes ópticos sobre um ou mais elementos de detector de uma disposição de detector óptico, conforme descrito, por exemplo, na EP 1 632 754. Os elementos-padrão são dispostos em um corpo rotacional que é conectado ao detector de modo a ser girável em torno do eixo geométrico. As posições dos elementos-padrão mapeados são decididas por meio dos elementos de detector. Em uma primeira etapa, a excentricidade do centro-padrão relativo ao sensor de detector é determinada computacionalmente para uma multiplicidade de medições. Em uma segunda etapa, em pelo menos uma variável influenciadora é isolada a partir da multiplicidade de valores medidos ou é determinada pela função agregada, isto é, pela combinação e ligação. Dependendo da abordagem, as variáveis influenciadoras são tanto determinadas quanto suprimidas, por exemplo, pelo cálculo da média. Certas variáveis influenciadoras podem então ser usadas tanto algoritmicamente quanto para a correção direta da excentricidade, por exemplo, para a correção mecânica da posição do eixo geométrico pelo ajuste dos elementos ou eletronicamente pela adaptação. Alternativamente, ao alcançar um valor limite, é também possível emitir uma mensagem de erro ou indicar o re-

querimento para um reparo ou uma correção de fábrica.

[0023] A invenção é baseada na utilização dos elementos de detector da disposição de detector, isto é, dos próprios cabeçotes dos goniômetros, para a determinação das variáveis influenciadoras diferentes atuando na excentricidade, tal como, por exemplo, o movimento translacional do eixo geométrico de rotação. Para esse propósito, uma multiplicidade de medições de excentricidade é executada para diferentes posições angulares, isto é, a posição do corpo rotacional com relação à disposição de detector. A gravação de tais medições pode ser efetuada separadamente no curso de um ciclo especial orientado por alvo de medições de calibração ou pode ser baseado nas medições obtidas continuamente durante a operação real. A partir da totalidade de medições, as variáveis influenciadoras deferentes podem ser assim separadas, em particular, com base nessas variabilidades específicas como uma função do tempo ou do espaço. Isso significa que a partir da totalidade ou pluralidade das variáveis influenciadoras produzindo a excentricidade, alguns indivíduos são isolados e identificados, em geral, o resíduo das variáveis influenciadoras residuais restantes. Uma diferenciação das variáveis influenciadoras é desse modo efetuada, as causas e efeitos das quais são diferentes ou podem ser reduzidas ou compensadas pelas medições diferentes. Dependendo da extensão das medições disponíveis, mudanças das variáveis influenciadoras como uma função do tempo podem também ser derivadas ou modeladas com base nas medições de excentricidade atuais.

[0024] Um exemplo de tais variáveis influenciadoras é a determinação da posição atual do eixo geométrico de rotação do corpo rotacional dentro do mancal. Aqui, o ponto pivô é referido a um centro de detector como uma posição distinguida da disposição de detector. Se muitas medições de excentricidade são executadas para todas as possíveis posições angulares, ideal e uniformemente distribuídas, as

medições têm uma proporção que tem periodicidade de 2π e que forma como um erro de padrão ou um erro de código através do desvio do centro-padrão a partir do centro de rotação. Essa proporção pode ser determinada, por exemplo, por uma análise de Fourier. Alternativamente, com um número suficientemente grande de medições e de distribuição uniforme das posições angulares, contudo, o isolamento dessa influência pode também ser obtido pelo cálculo dos valores médios. De modo a determinar uma variabilidade como uma função do tempo, o valor médio pode ser calculado usando uma janela como uma média móvel. Dependendo da largura da janela ou opcionalmente em uma quantificação das medições, é obtida uma resolução apropriada.

[0025] A determinação das influências pode ser também executada em paralelo nos mesmos jogos de valores medidos com os métodos ou conjuntos de parâmetros diferentes. Métodos diferentes, por exemplo, para a análise de sequências de tempo, análises de sinal ou métodos estatísticos em geral, são usados. Os métodos e os parâmetros do mesmo são geralmente dependentes das variáveis influenciadoras a serem determinadas e às quantidades características das mesmas. Por exemplo, as primeiras medições podem ser analisadas após o dispositivo ter sido iniciado, de modo a determinar as influências relacionadas ao calor do mancal ou dos eletrônicos. Dependendo do tipo de mancal, escalas de tempo típicas para os deslocamentos do eixo geométrico são conhecidas ou podem ser estimadas, de modo que a quantidade de dados a ser analisadas ou as janelas ou funções quantificadas a serem usadas podem ser apropriadamente determinadas.

[0026] Em adição as variáveis influenciadoras que leva a uma contribuição de excentricidade direta no plano da disposição de detector, tal como, por exemplo, o deslocamento translacional do eixo de man-

cal, o movimento na direção axial, tal como na direção Z pode também ser determinado com cabeçotes de goniômetro adequados. No caso de alguns sistemas de goniômetro, como, por exemplo, no CH 658514, um código de barras é projetado como um padrão sobre uma ordem de linha ou uma ordem de área. Como resultado da mudança na distância a partir do código para o receptor, a escala de projeção do código de barras muda. Essa mudança da escala de projeção pode ser usada como uma medida da mudança da distância ou da posição na direção axial. Se as distâncias do corpo rotacional são determinadas para dois elementos de detector, a inclinação do eixo geométrico pode também ser determinada. Quaisquer influências devido a uma deformação do corpo rotacional podem ser reprimidas ou isoladas se, novamente, for efetuada uma identificação ou cálculo da média do componente com uma periodicidade de 2π para as posições angulares.

[0027] Geralmente, o método de acordo com a invenção capacita diferentes variáveis influenciadoras atuando na excentricidade para serem identificadas e levadas em conta pela formação dos agregados orientados por alvo a partir da multiplicidade de medições. Dependendo da escolha da formação dos agregados, uma variável influenciadora é determinada ou suprimida, enquanto o efeito das outras variáveis influenciadoras forma um resíduo.

[0028] Um método de acordo com a invenção é descrito em maiores detalhes, puramente por meio de exemplo com referência aos exemplos de trabalho ilustrados esquematicamente nos desenhos. Especificamente,

[0029] a figura 1 ilustra um diagrama esquemático da projeção estrutural de um goniômetro do tipo genérico;

[0030] a figura 2 ilustra um diagrama esquemático da posição do corpo rotacional sem os erros de excentricidade;

[0031] a figura 3 ilustra o diagrama esquemático dos efeitos da

variável influenciadora de um erro de código;

[0032] a figura 4 ilustra o diagrama esquemático do efeito das variáveis influenciadoras de um erro de código e de um movimento translacional do eixo geométrico de rotação;

[0033] a figura 5 ilustra o diagrama esquemático da separação das variáveis influenciadoras de um erro de código e de um movimento translacional do eixo geométrico de rotação, e

[0034] a figura 6 ilustra o diagrama esquemático da relação geométrica para a determinação da posição axial do corpo rotacional.

[0035] A figura 1 ilustra o diagrama esquemático da projeção estrutural de um goniômetro do tipo genérico, compreendendo um elemento de suporte 1 com um corpo rotacional 2 tendo uma multiplicidade de elementos-padrão dispostos em torno de um centro-padrão, uma disposição de detector compreendendo quatro elementos de detector óptico 3. O corpo rotacional na forma de disco 2 é disposto de modo a ser girável em torno de um eixo geométrico 4 com relação ao elemento de suporte 1.

[0036] Para a determinação de uma posição rotacional atual do corpo rotacional 2 com relação ao elemento de suporte 1 ou a disposição de detector, pelo menos uma parte dos elementos-padrão é mapeada nos elementos de detector 3 da disposição de detector. Aqui, as posições dos elementos-padrão mapeadas na disposição de detector são resolvidas e a posição rotacional e a excentricidade do centro-padrão com relação a um centro de detector da disposição de detector são derivadas. Dependendo da configuração da disposição de detector e do número de elementos de detector 2, a excentricidade pode ser derivada em uma pluralidade de etapas ou diretamente no curso da determinação do ângulo de rotação. De modo a permitir uma determinação paralela do ângulo de rotação e da excentricidade com alta resolução, três, quatro ou mesmo mais elementos de detector 2 são

usados. A excentricidade medida ainda não é separada com relação às suas variáveis influenciadoras diferentes no curso da medição individual.

[0037] De acordo com a invenção, uma multiplicidade de medições de excentricidade é executada para posições rotacionais diferentes do corpo rotacional 2. Isso pode ser efetuado como uma medição separada ou passagem de calibração e/ou os resultados medidos podem ser gravados e usados durante a operação. Diferentes variáveis influenciadoras da excentricidade atual são separadas, em particular, por uma formação agregada, a partir da multiplicidade das medições de excentricidade por uma unidade aritmética e de avaliação 5. As variáveis influenciadoras podem ser armazenadas ou podem ser usadas para modelar e podem ser usadas em medições subsequentes ou atuais e para correções mecânicas ou eletrônicas.

[0038] As relações nas quais o método é baseado são ilustradas nas figuras 2 a 4, o diagrama esquemático da posição do corpo rotacional sem os erros de excentricidade sendo ilustrados na figura 2. Os elementos-padrão 6, o centro-padrão, o qual coincide com o eixo geométrico de rotação 4 nesse caso, são ilustrados. Para a disposição de detector compreendendo quatro elementos de detector 3, é possível definir um centro de detector DZ que deve idealmente corresponder ao centro-padrão e ao eixo geométrico de rotação 4, de modo que não ocorra erro de excentricidade. Com relação à disposição de detector, um eixo geométrico X e um eixo geométrico Y podem, sobretudo, ser definidos como variáveis de referência, com relação às quais as posições rotacionais são determinadas. Nesses exemplos, o código disposto no corpo rotacional é ilustrado como um código incremental com uma sequência equidistante de elementos-padrão idênticos 6, meramente por razões de clareza. Contudo, o método de acordo com a invenção não está limitado ao mesmo e pode, em princípio, ser usa-

do para todos os tipos de códigos incrementais e absolutos.

[0039] A figura 3 esquematicamente ilustra o efeito da variável influenciadora de um erro de código. Nesse caso, o centro-padrão MZ como ponto mediano geométrico dos elementos-padrão 6 ou do código total definido por esses tiver sido deslocado na direção da esquerda superior. Com uma rotação em torno do eixo geométrico de rotação 4, que ainda coincide aqui com o centro do detector DZ, o centro do padrão executa um movimento circular em torno do centro do detector DZ. A excentricidade do centro do padrão MZ pode ser determinada com base nessas posições dos elementos-padrão 6 nos elementos de detector 3 que são deslocados com relação à figura 2. Aqui, os elementos de detector 3 registram uma extensão da excentricidade, cuja extensão varia senoidalmente com o período 2π como uma função da posição rotacional.

[0040] A figura 4 ilustra o diagrama esquemático do efeito das variáveis influenciadoras de um erro de código e de um deslocamento translacional do eixo geométrico de rotação. Agora, o centro-padrão MZ, o centro de detector DZ e o eixo geométrico de rotação 4 divergem. Pela rotação do corpo rotacional em torno do eixo geométrico de rotação 4, o centro-padrão MZ executa um movimento circular em torno desse eixo geométrico de rotação 4 que, por sua vez, tem uma excentricidade com relação ao centro de detector DZ. Nesse caso, duas variáveis influenciadoras da excentricidade são superpostas. Os elementos de detector 3 da disposição de detector sempre determinam a posição dos elementos-padrão 6 sem a resolução direta das variáveis influenciadoras, a partir das quais é decidida a excentricidade total. Através da superposição das duas influências de excentricidade, os elementos de detector 3 nesse caso registram uma extensão da excentricidade, que é defasada com relação aos eixos geométricos e varia senoidalmente com o período de 2π como uma função da posição

rotacional. Através da separação das duas variáveis influenciadoras ou causas de excentricidade, a posição do ponto pivô atual do corpo rotacional com relação ao centro de detector DZ pode ser determinada como um deslocamento do mancal translacional. Em adição à avaliação das medições de excentricidade angulares ou dependentes da posição rotacional, é também possível considerar a dependência por tempo, por exemplo, por uma análise contínua durante a operação ou uma sequência de calibração automática sobre o círculo completo na partida do dispositivo. Os valores medidos desse modo podem, então, ser analisados com relação à mudança nas variáveis influenciadoras como uma função do tempo e modelos ou funções correspondentes podem ser derivados, por exemplo, para a mudança da posição do ponto pivô corrente como uma função do tempo.

[0041] A figura 5 ilustra a separação das variáveis influenciadoras de um erro de código e de um deslocamento translacional do eixo geométrico de rotação. A amplitude do erro de excentricidade ε_x com relação ao eixo geométrico X é plotada como uma função da posição rotacional φ .

[0042] Aqui, o diagrama superior ilustra a mudança para o erro de código puro ilustrado na figura 3, isto é, o desvio do centro-padrão do ponto pivô que, por sua vez, coincide com o centro do detector. O erro de excentricidade ε_x varia senoidalmente em torno da posição zero, a repetição de uma rotação também sendo ilustrada como um período de até 4π por razões de clareza.

[0043] Aqui, o diagrama inferior ilustra a mudança para a combinação das influências a partir do erro de código e do deslocamento translacional do eixo geométrico de rotação, ilustrado na figura 4, isto é, o desvio do centro-padrão a partir do ponto pivô, e o desvio do mesmo a partir do centro de detector. O erro de excentricidade ε_x varia senoidalmente em torno da posição zero, que é deslocada por um

componente não-periódico NPA, aqui também a repetição de uma rotação sendo ilustrada como um período de até 4π por razões de clareza.

[0044] Se as medições são efetuadas com alta frequência e ainda abaixo da escala de tempo para mudanças do deslocamento translacional, a posição do eixo geométrico de rotação pode ser considerada como sendo estática para os propósitos da determinação atual. Se as posições rotacionais são uniformemente distribuídas no caso de um número pequeno de medições ou o número de medições é suficientemente grande, as influências das mudanças senoidais podem ser eliminadas pelo cálculo da média, em particular, por meio de uma média móvel que, através de sua janela de detecção, também permite uma limitação de tempo dos valores a serem levados em conta. Aqui, as abordagens estáticas gerais podem ser usadas adicional ou alternativamente, por exemplo, uma quantificação das medições com base em seus tempos de medição.

[0045] O erro de código ou erro de passo como uma variável influenciadora específica padrão com uma periodicidade correspondendo à rotação total do corpo rotacional pode, contudo, também ser separada por outros métodos adequados, por exemplo, por uma análise de Fourier. Isso é uma possibilidade, por exemplo, no caso dos valores medidos contaminados por ruído ou dos valores medidos não uniformemente distribuídos pelo círculo total. Isso também permite uma análise das variáveis influenciadoras que não são estáticas dentro do intervalo de medição a ser avaliado, tal como, por exemplo, uma derivação do movimento, mutação ou mudança de direção do eixo geométrico de rotação, cujos componentes harmônicos podem ser separados dessa maneira.

[0046] A determinação dos efeitos verticais, isto é, levando em consideração o eixo geométrico Z, como ilustrado na figura 6, com ba-

se no diagrama das relações geométricas para determinar a posição axial do corpo rotacional 2, constitui uma suplementação da determinação das variáveis influenciadoras. Aqui, a posição do corpo rotacional 2 ou dos elementos-padrão do corpo rotacional 3 na direção axial é determinada com base na escala de projeção dos elementos-padrão na disposição de detector ou nos elementos de detector 3 pela unidade aritmética e de avaliação 5 disposta no elemento de suporte 1. Se a disposição de detector tem pelo menos dois elementos de detector 3, em especial com uma orientação ortogonal, uma inclinação do eixo geométrico de rotação 4 pode ser derivada a partir de dois valores de distância para posições diferentes.

[0047] As relações geométricas são como segue:

$$\frac{a}{t} = \frac{a+H}{b} \quad (1)$$

$$\frac{a+D}{t} = \frac{a+H}{b-d/2} \quad (2)$$

[0048] em que

[0049] a designa a distância a partir do corpo rotacional para uma fonte iluminada,

[0050] t designa o raio do corpo rotacional,

[0051] D designa o deslocamento do corpo rotacional como um erro,

[0052] H designa a distância a partir do topo do corpo rotacional para o elemento de detector,

[0053] b designa metade do comprimento do elemento de detector,

[0054] d designa a resolução do elemento de detector,

[0055] com a, t, H dados, b, b-d medidos e D procurado. A partir de (1) e (2), a relação

$$D = \frac{a \cdot d}{2b - d} \approx a / 2b \cdot d \quad (3)$$

[0056] segue, de modo que, para um exemplo numérico com $a = 30\text{mm}$, $b = 4\text{mm}$, $d = 0,001\text{mm}$, compreendendo uma resolução e ainda a acuidade da medição para o deslocamento do corpo rotacional de $3,75\mu\text{m}$.

[0057] A determinação da distância do corpo rotacional 2 para o elemento de detector 3 ou a disposição de detector é aqui muito independente de outras partes do método, isso é, em particular sem a separação das diferentes variáveis influenciadoras. Assim, essa abordagem pode também ser usada de forma independente do método de acordo com a invenção.

[0058] Claro, somente exemplos das modalidades possíveis são esquematicamente representados por essas figuras ilustradas. Componentes de controle eletrônicos e de suprimento adicionais e componentes de montagem não foram ilustrados nos diagramas meramente por razões de clareza.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para a determinação de pelo menos uma variável influenciadora atuando na excentricidade em um goniômetro, compreendendo,

um elemento de suporte (1) com uma disposição de detector compreendendo pelo menos um elemento de detector óptico (3), preferencialmente três ou quadro elementos de detector ópticos (3), a disposição de detector tendo um centro de detector (DZ);

um corpo rotacional (2) tendo uma multiplicidade de elementos-padrão (6) dispostos em torno de um centro-padrão (MZ), o corpo rotacional (2) sendo disposto de modo a ser girado em torno de um eixo geométrico (4) com relação ao elemento de suporte (1), compreendendo,

- o mapeamento de pelo menos uma parte dos elementos-padrão (6) na disposição de detector,

- a resolução das posições do elemento-padrão (6) mapeadas na disposição de detector,

- a medição da excentricidade do centro-padrão (MZ) com relação ao centro do detector (DZ),

caracterizado pelo fato de que,

uma multiplicidade de medições de excentricidade é efetuada para posições rotacionais distintas, e

pelo menos uma variável influenciadora atuando na excentricidade é separada a partir da multiplicidade de medições excentricidade, em particular por formação de agregados.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as variáveis influenciadoras da excentricidade atual são separadas por uma análise de Fourier.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a variável influenciadora de amostra específica

tendo uma periodicidade correspondendo à rotação total do corpo rotacional (2) é separada como um erro de passo.

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que uma média é calculada a partir da multiplicidade de medições de excentricidade, em especial uma média de deslizamento.

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a posição do ponto pivô atual do corpo rotacional (2) com relação ao centro de detecção (DZ) é determinada conforme um deslocamento de mancal translacional.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a mudança da posição atual do ponto pivô é determinada como uma função do tempo.

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a posição do corpo rotacional (2) ou a posição dos elementos-padrão (6) do corpo rotacional (2) na direção axial é determinada com base na escala de projeção dos elementos-padrão (6) na disposição de detector.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a posição dos elementos-padrão (6) do corpo rotacional (2) na direção axial é determinada na disposição de detector, a disposição de detector tendo pelo menos dois elementos de detector (3), e uma inclinação do eixo geométrico (4) é derivada a partir da posição.

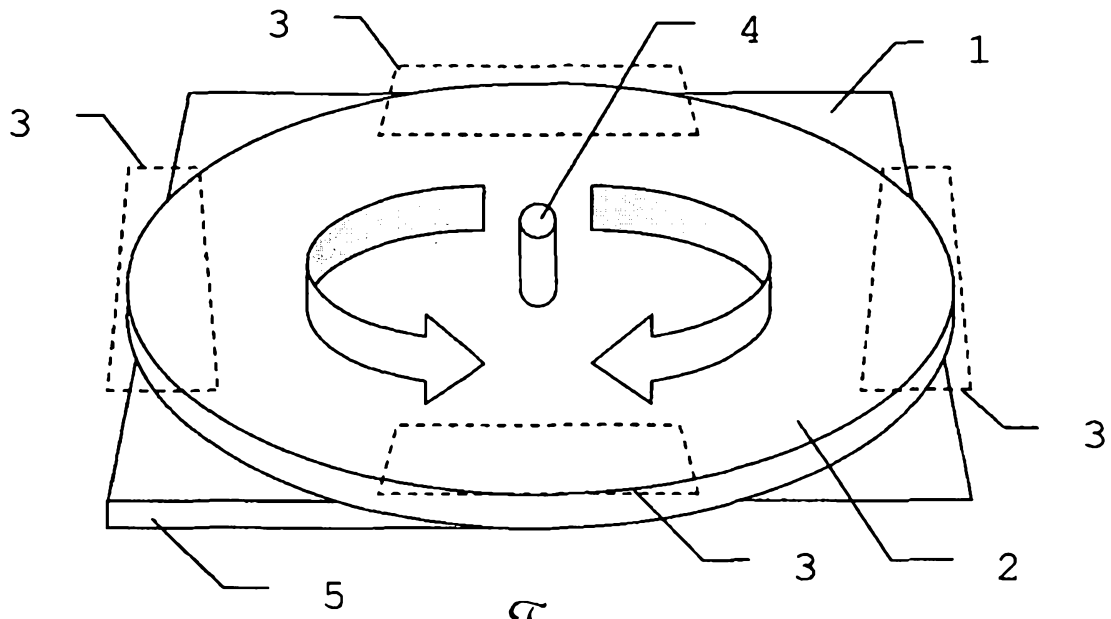


Fig. 1

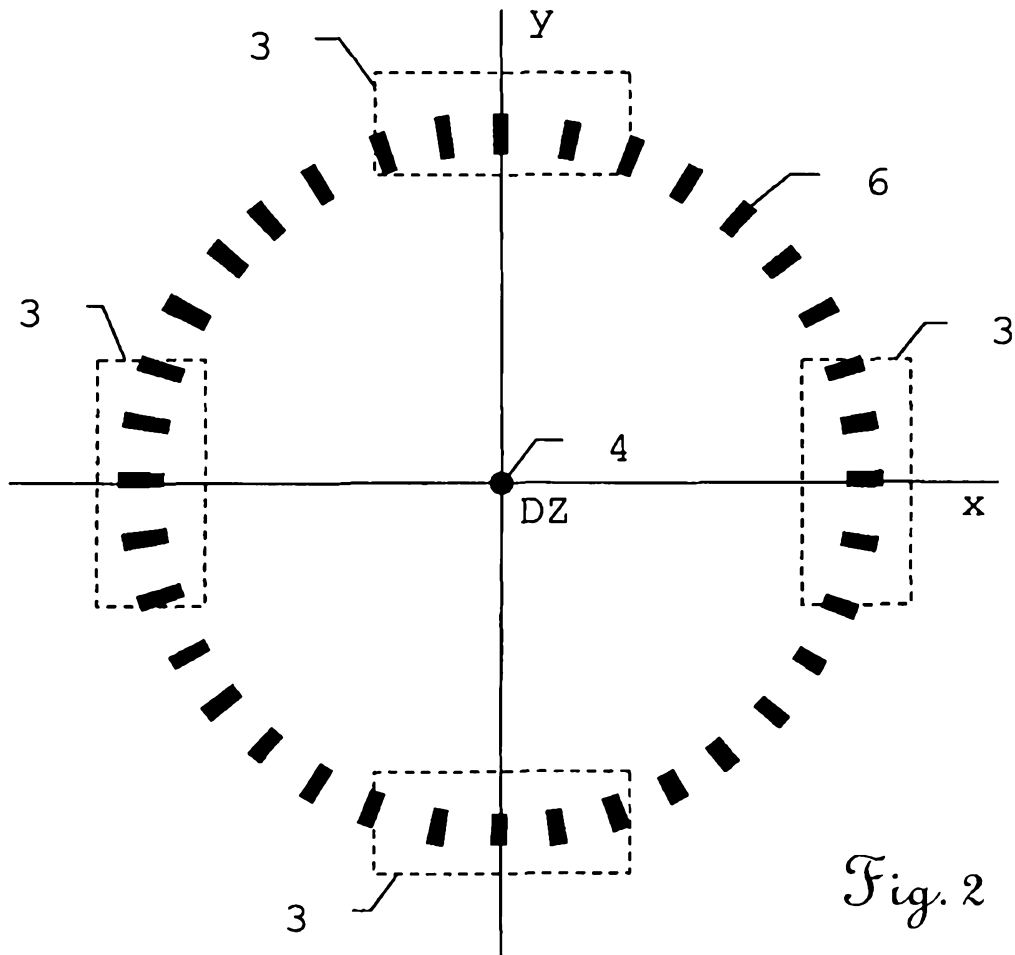


Fig. 2

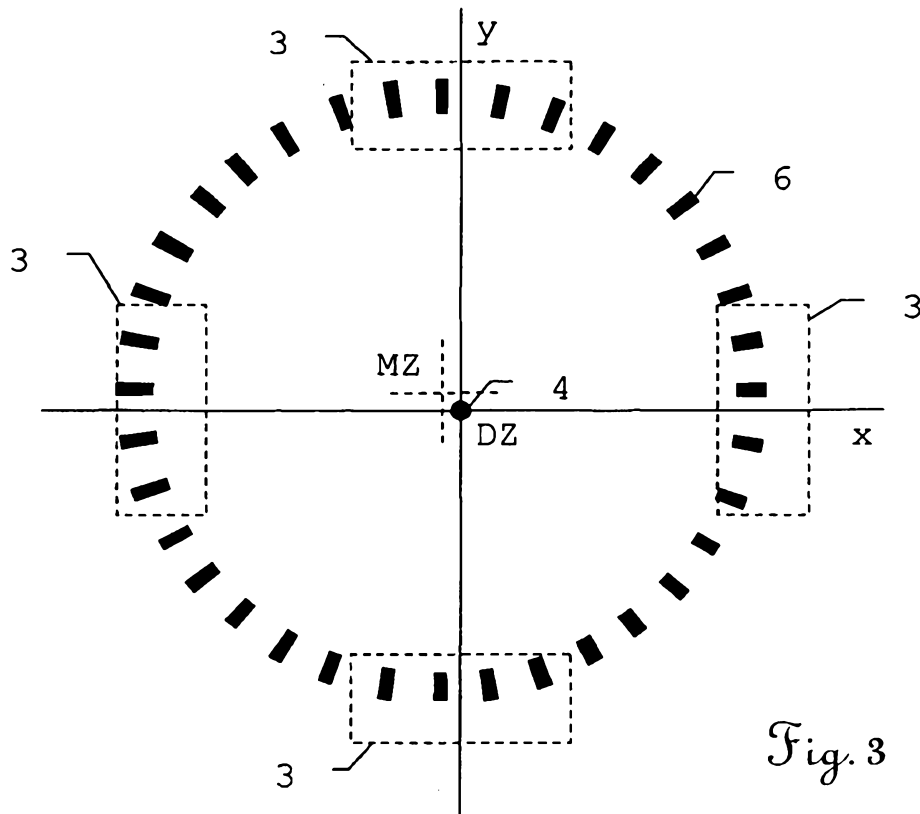


Fig. 3

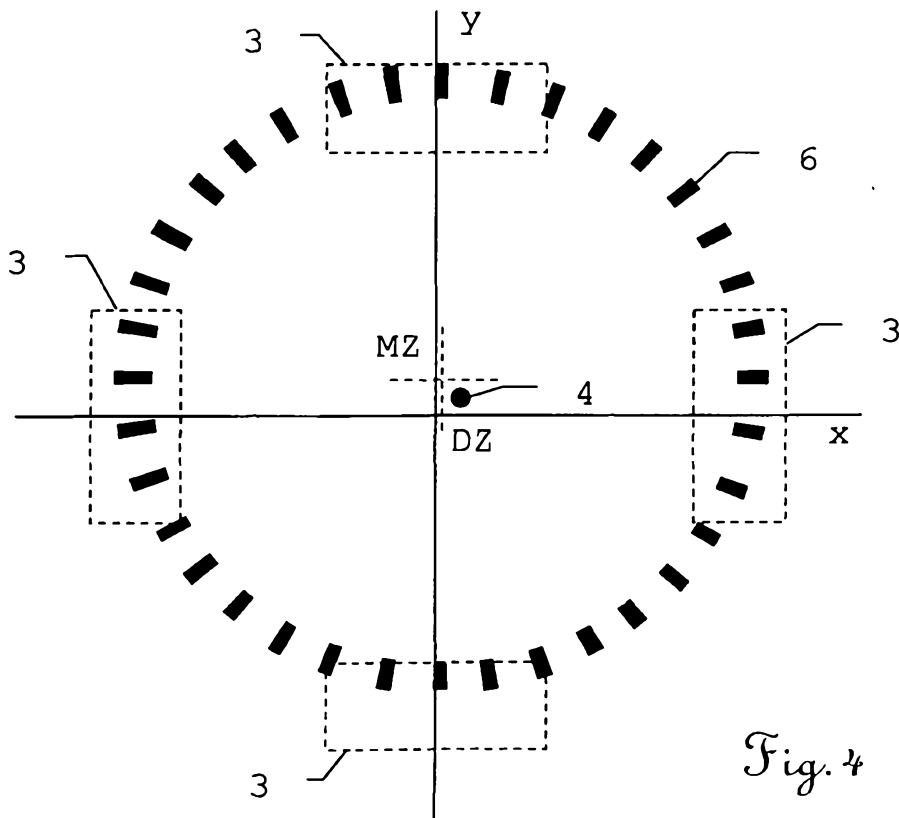


Fig. 4

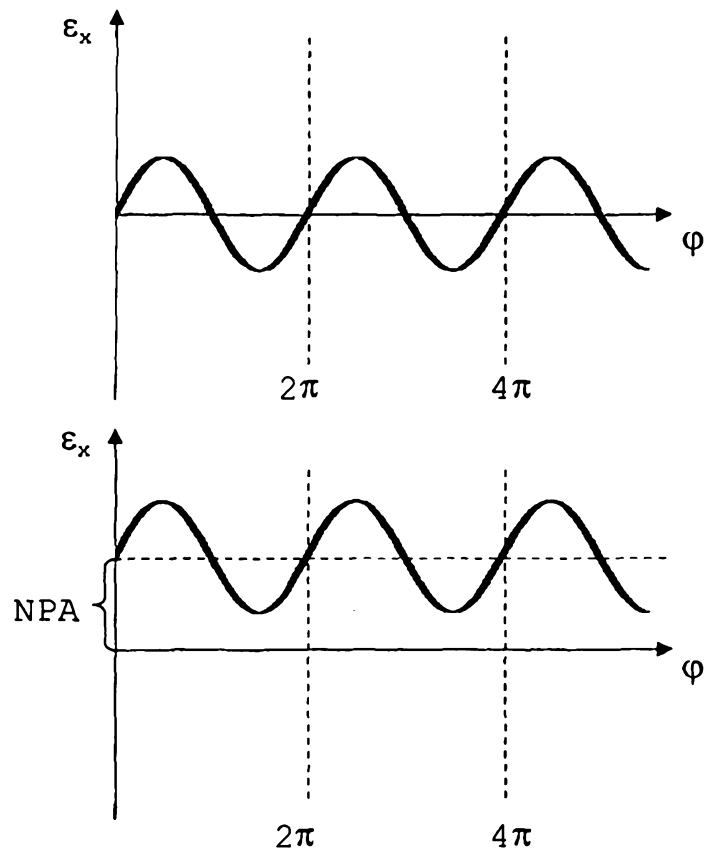


Fig. 5

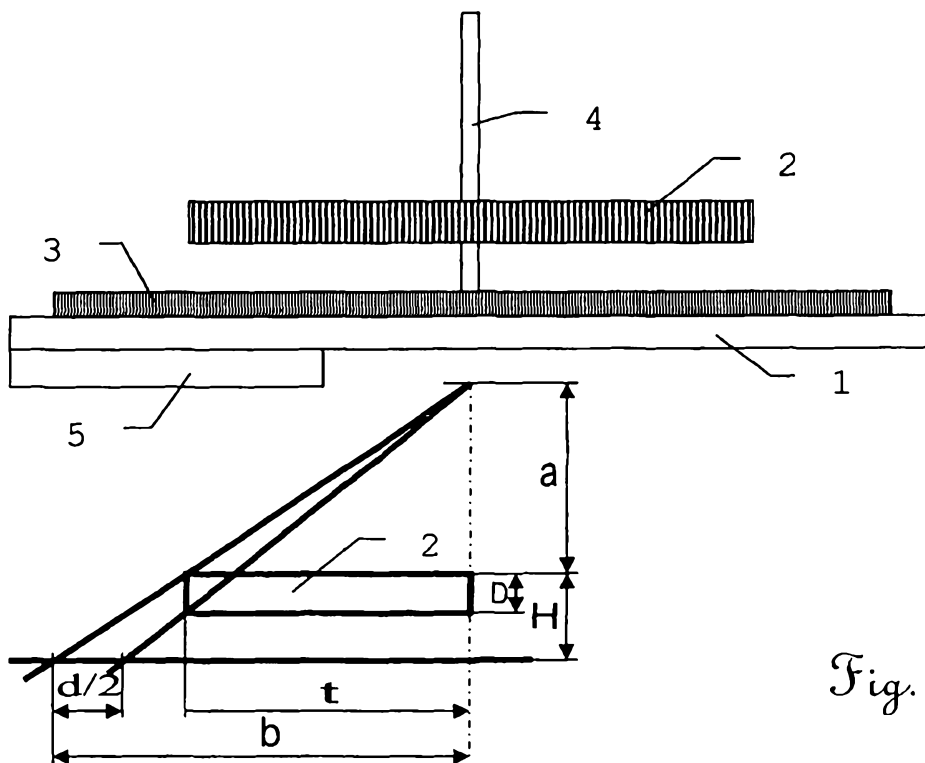


Fig. 6