

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

(21) **PI 0804459-7 A2**

(22) Data de Depósito: 19/05/2008
(43) Data da Publicação: 27/03/2012
(RPI 2151)



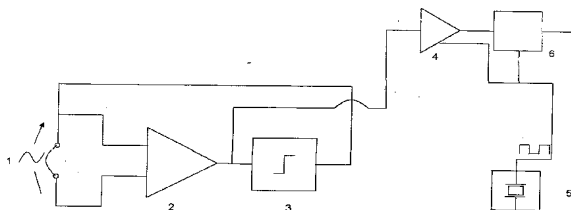
(51) *Int.Cl.:*
G01L 5/10

(54) Título: SISTEMA ELETRÔNICO DE DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE TRAÇÃO EXERCIDA NA CORDA DE UM ACELERÔMETRO DE CORDA VIBRANTE

(73) Titular(es): Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

(72) Inventor(es): Viktor Koldaev

(57) Resumo: SISTEMA ELETRÔNICO DE DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE TRAÇÃO EXERCIDA NA CORDA DE UM ACELERÔMETRO DE CORDA VIBRANTE. A presente invenção refere-se a um sistema microprocessado constituindo uma alternativa melhorada para a estimação da tensão na corda de um acelerômetro de corda vibrante, que também permite estimar outros parâmetros importantes do sistema corda vibrante-massa de prova-campo magnético. O circuito microprocessado que implementa um estimador de parâmetros que possui incorporado um modelo de sistema eletromecânico. O circuito excitador deste tipo de acelerômetro consiste de um amplificador de alto ganho que mede a tensão na extremidade da corda e a amplifica entregando o sinal a um limitador de amplitude simples que fornece a corrente necessária para excitar a corda. No sistema melhorado, cria-se uma ramificação do sinal de saída do amplificador, que é conduzida a um conversor analógico digital. Este converte o sinal de tensão analógico em dado digital. A precisão do conversor deve ser compatível com a aplicação e resultados esperados. As amostras obtidas na entrada do conversor analógico digital são engatilhadas por um oscilador (relógio) de estabilidade suficiente para a aplicação.





RELATÓRIO DESCRITIVO

SISTEMA ELETRÔNICO DE DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE TRAÇÃO EXERCIDA NA CORDA DE UM ACELERÔMETRO DE CORDA VIBRANTE

5

A presente invenção refere-se a um sistema alternativo para a estimativa da força de tração na corda de um acelerômetro de corda vibrante.

10

Um acelerômetro de corda vibrante é um sistema composto por uma massa de prova e uma corda ligada a ela e a um ponto fixo. A corda encontra-se imersa em um campo magnético forte produzido por um ímã permanente. A corda vibra em uma frequência natural proporcional à raiz quadrada da tensão exercida pela massa de prova como consequência de uma aceleração sofrida pela mesma.

15

A vibração natural é excitada por um circuito eletrônico de realimentação que mede o potencial elétrico nas extremidades da corda vibrante e faz passar por esta uma corrente proporcional ao mesmo. A tensão na corda surge em razão de movimentação da mesma no campo magnético em que se encontra. A movimentação da corda é consequência da força gerada pela interação entre a corrente que passa pela mesma e o campo magnético em que se encontra. A auto-oscilação resultante desta montagem eletromecânica exige um circuito limitador intercalado na malha de realimentação que impede que a amplitude de oscilação se mantenha suficientemente baixa para operação do sistema mecânico na faixa mais linear possível.

20

25

Comumente, a frequência de oscilação da corda é obtida através da divisão do número de períodos de oscilação dividido pelo intervalo de tempo decorrido para este número de períodos. O evento de um período é medido por dois cruzamentos sucessivos pelo valor nulo da forma de onda do

potencial elétrico nas extremidades da corda. Os cruzamentos devem ser ambos ascendentes ou descendentes para que o resultado seja preciso.

O sistema proposto nesta patente é uma alternativa melhorada para a estimação da tensão na corda, que também permite estimar outros parâmetros importantes do sistema corda vibrante-massa de prova-campo magnético. Este sistema consiste de um circuito microprocessado que implementa um estimador de parâmetros que possui incorporado um modelo do sistema eletro-mecânico descrito acima. O sistema proposto possui as seguintes vantagens principais:

1. Taxa de amostragem elevada, pois não é necessário aguardar um número finito de períodos para que se possa obter um valor de frequência;

2. Taxa fixa de amostragem: por não precisar aguardar pelo término de um período, não sofrendo o problema de indefinição do tempo de amostragem – o instante de tempo em que termina um período flutua com o valor de frequência, implicando na necessidade de re-amostrar o sinal para que o intervalo de amostragem passe a ser constante ou *alternativamente causando erros nas medidas de aceleração*;

3. O sistema utilizado para estimar as tensões na corda é um filtro otimizado, enquanto no sistema convencional, a acumulação do intervalo de vários períodos é equivalente a um filtro de média móvel, que é muito pobre em diversas circunstâncias causando a sobreposição espectral típica do processo de amostragem de sinais analógicos;

4. A taxa elevada de amostragem permite a aplicação posterior de filtros com elevado grau de liberdade;

5. Permite a determinação de outras propriedades do sistema mecânico determinando suas alterações no tempo, permitindo correções nas informações obtidas e determinação de desgaste físico.

No sistema proposto, como consequência do projeto, a tensão na corda é determinada a intervalos fixos de amostragem e muito mais

freqüentes – na ordem de 10 vezes mais freqüentes que o número de períodos em um intervalo de tempo.

O circuito excitador consiste de um amplificador de alto ganho (2, Figura 1) que mede a tensão na extremidade da corda (1, Figura 1) e a amplifica entregando o sinal a um limitador de amplitude simples (3, Figura 1) que fornece a corrente necessária para excitar a corda.

No sistema melhorado, cria-se uma ramificação do sinal de saída do amplificador, que é conduzida a um conversor analógico digital (4, Figura 1). Este converte o sinal de tensão analógico em dado digital. A precisão do conversor deve ser compatível com a aplicação e resultados esperados. As amostras obtidas na entrada do conversor analógico digital são engatilhadas por um oscilador (relógio) de estabilidade para a aplicação (5, Figura 1).

Exemplificando, para uma precisão de 100 partes por bilhão no intervalo de 1s, com uma freqüência natural da ordem de 1kHz:

1. O conversor deve utilizar não menos que 14 bits para a amplitude do sinal de entrada;
2. O oscilador de referência de amostragem deve ter uma estabilidade de cerca de 50 partes por bilhão;
3. A relação sinal-ruído deve ser superior a 25 dB em amplitude.

Na saída do conversor há um dado digital que é utilizado por um microprocessador (6, Figura 1), (seja este na forma de um microprocessador, microcontrolador ou processador digital de sinais) que implementa um estimador de estados. Este estima a tração na corda com base nas leituras recebidas. O estimador deve ser sintonizado usando-se um modelo preciso do sistema eletromecânico compreendendo a corda, a massa de prova e o circuito de realimentação. Tipicamente se utiliza um filtro de Kalman (1, Figura 2) como estimador, que atualiza a cada intervalo de amostragem os valores das variáveis de estado escolhidas para o modelo, incluindo a tração exercida na corda vibrante pela massa de prova.

Utilizando-se os valores de tração obtidos (2, Figura 2) e os parâmetros do modelo usado, também se estima o valor da frequência de vibração da corda vibrante. Como resultado do processo de estimação, o microprocessador estimará os erros de determinação dos valores na forma de variâncias ou desvios padrão. O microprocessador deve produzir resultados a uma taxa de 10 vezes o valor da frequência de vibração natural.

Adiciona-se ao sistema proposto um processo de medição de frequência nos moldes tradicionais através da medição do intervalo de tempo de um conjunto de períodos completos (3, Figura 2), sendo os períodos determinados por cruzamentos do nível zero do sinal gerado pela corda vibrante. A frequência é determinada pela divisão do número de períodos pelo intervalo de tempo. No sistema melhorado, determina-se a frequência pelo método tradicional ao longo de um intervalo longo de tempo e compara-se a mesma com a frequência determinada usando-se o estimador (4, Figura 2). A diferença entre as duas é associada a uma diferença entre o modelo usado no estimador e o modelo real. Esta diferença é usada para corrigir os parâmetros do modelo do estimador. Entre estes parâmetros encontram-se (5, Figura 2):

1. O comprimento da corda vibrante;
2. A taxa de perdas energéticas no sistema

REIVINDICAÇÕES

SISTEMA ELETRÔNICO DE DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE TRAÇÃO EXERCIDA NA CORDA DE UM ACELERÔMETRO DE CORDA VIBRANTE

5

1 - A medição de frequência de vibração de uma corda caracterizada pela utilização de um microprocessador trabalhando sobre vários pontos da forma de onda amostrada digitalizada, em oposição à simples detecção de cruzamentos.

10

2 - A determinação direta do valor de tração na corda vibrante em oposição à determinação indireta por intermédio da frequência, caracterizada pela utilização de um estimador de estados que adicionado ao sistema descrito no item 1.

3 - A utilização do sistema descrito no item 2 em comparação caracterizado pela medição direta do período de oscilação para o ajuste do modelo interno do estimador com um freqüencímetro.

15

4 - A estimação dos parâmetros físicos do sistema eletromecânico, caracterizada pela utilização dos ajustes do modelo interno obtidos no item 3.

20

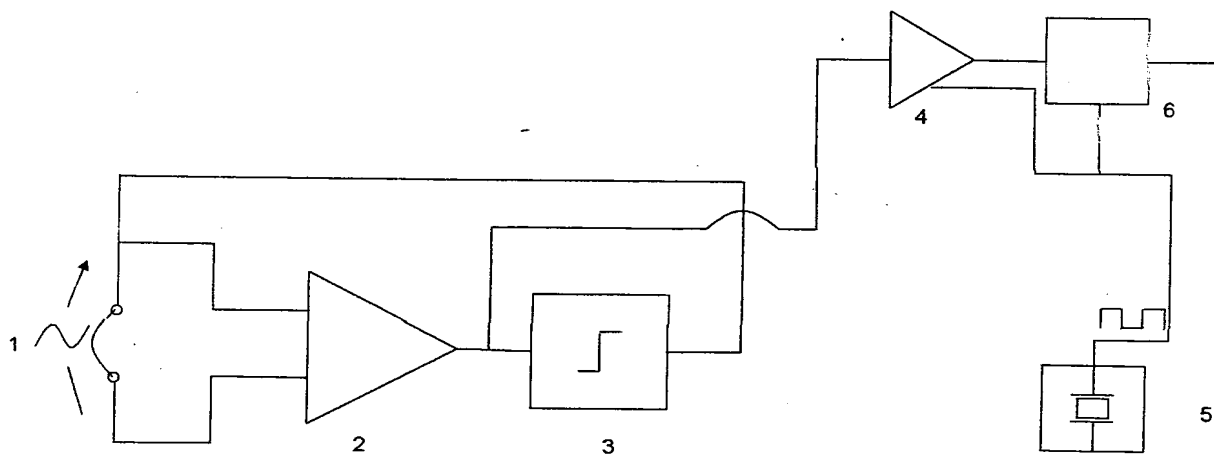


Figura 1

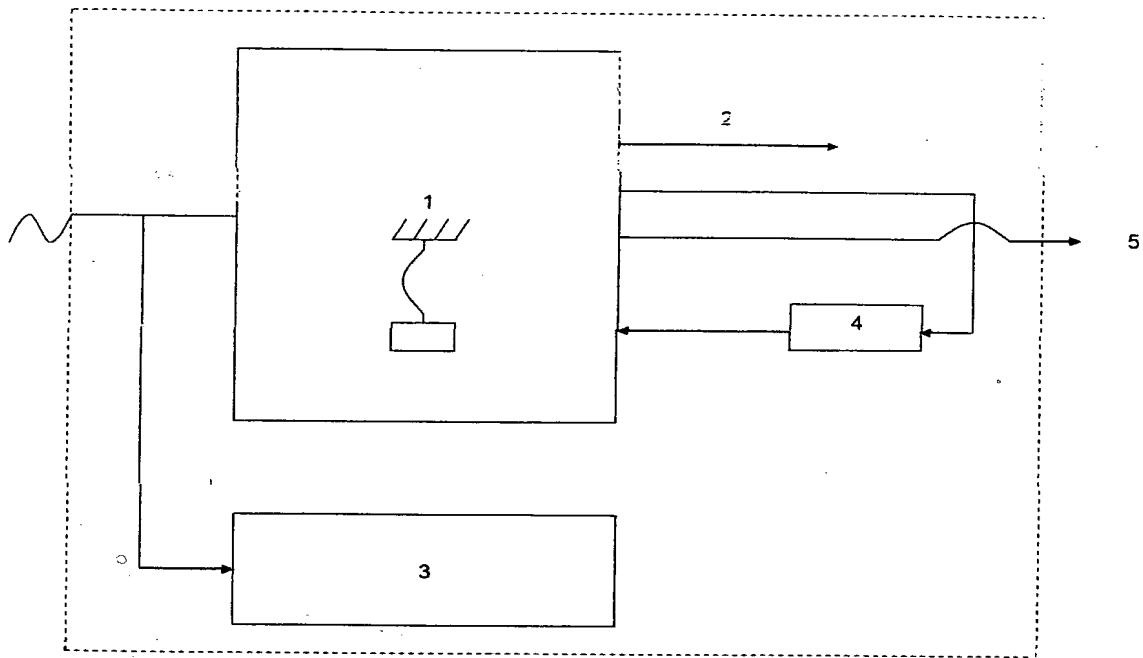


Figura 2

RESUMO

**SISTEMA ELETRÔNICO DE DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE
TRAÇÃO EXERCIDA NA CORDA DE UM ACELERÔMETRO DE CORDA
VIBRANTE**

5
10 A presente invenção refere-se a um sistema microprocessado constituindo uma alternativa melhorada para a estimação da tensão na corda de um acelerômetro de corda vibrante, que também permite estimar outros parâmetros importantes do sistema corda vibrante-massa de prova-campo magnético. O circuito microprocessado que implementa um estimador de parâmetros que possui incorporado um modelo de sistema eletro-mecânico.

15 O circuito excitador deste tipo de acelerômetro consiste de um amplificador de alto ganho que mede a tensão na extremidade da corda e a amplifica entregando o sinal a um limitador de amplitude simples que fornece a corrente necessária para excitar a corda.

20 No sistema melhorado, cria-se uma ramificação do sinal de saída do amplificador, que é conduzida a um conversor analógico digital. Este converte o sinal de tensão analógico em dado digital. A precisão do conversor deve ser compatível com a aplicação e resultados esperados. As amostras obtidas na entrada do conversor analógico digital são engatilhadas por um oscilador (relógio) de estabilidade suficiente para a aplicação.

25