"TÉCNICA DE PROCESSAMENTO DE SINAIS DE GIRÔMETROS INTERFEROMÉTRICOS DE SAGNAC ATRAVÉS DA DIFERENÇA DAS MÉDIAS DOS SEMI-CICLOS NEGATIVOS DO SINAL".

Interferômetros de Sagnac utilizando polarização dinâmica são sensores normalmente empregados na medida da rotação experimentadas por veículos tais como aviões, helicópteros, mísseis e em aplicações onde se é necessário medir com precisão rotações de um objeto, numa faixa dinâmica da ordem de ±0.05°/h a ±500000°/h. O condicionamento do sinal destes sensores é assunto de pesquisas atuais pois o domínio teórico e tecnológico deste tema é buscado por qualquer nação. O presente pedido de patente de invenção vem somar grande contribuição a este tema de pesquisa. Este relatório descreve um sistema eletrônico que faz o processamento do sinal da componente alternada da tensão de saída do amplificador de transimpedância, que é utilizado para a converter da corrente detectada no fotodiodo, acoplado à saída da fibra óptica do interferômetro de um girômetro de Sagnac, em tensão. O processamento do sinal fornece tensões que contêm informações sobre a intensidade e sentido de rotação ao qual o sensor está submetido. Disponibiliza também sinais para o controle da polarização dinâmica e estabilização da intensidade luminosa dos feixes de luz que excitam o interferômetro

Técnicas já conhecidas de processamento do sinal de saída do amplificador de transimpedância empregam medidas de diferenças dos cruzamentos de zero, detecção dos valores de pico, filtragem de componentes harmônicas específicas, que são grandezas que trazem informações sobre a intensidade e sentido da rotação. Tais técnicas apresentam inconvenientes que vão desde da dificuldade tecnológica de serem implementadas até o alto custo do sistema para se atender as especificações de resolução e precisão necessárias à função do mesmo. Elas também apresentam limitações quanto a linearidade na medida da intensidade de rotação e na obtenção do valor da profundidade de modulação de fase dos feixes de luz utilizada para a estabilização da polarização dinâmica.

Tendo em vista essas dificuldades e com o propósito de superá-las, foi desenvolvida uma técnica de processamento de sinal empregada em girômetros interferométricos de Sagnac a fibra óptica, objeto do presente pedido de patente. Esta técnica utiliza a diferença dos valores médios dos semi-ciclos negativos alternados da tensão de saída do amplificador de transimpedância. Essa diferença contém as informações sobre a intensidade e o sentido da rotação. Além disso, através das médias dos semi-ciclos negativos e do valor de pico do semi-ciclo positivo desta mesma tensão de saída, mede-se a profundidade de modulação de forma independente da intensidade de rotação do girômetro.

Essa forma de se processar o sinal elimina os inconvenientes aventados, uma vez que a dificuldade tecnológica de implementação foi bastante reduzida, já que quase todo o processamento é feito em freqüências baixas. Somente o circuito de detecção de médias trabalha em alta freqüência. Mesmo assim, a atual tecnologia de semicondutores dos componentes eletrônicos empregados neste circuito atende às especificações necessárias para se alcançar a precisão desejada na medida da intensidade de rotação. Isso faz com que o custo final do sistema seja bastante reduzido.

Os diagramas e figuras anexos ilustram as partes que compõem o sistema eletrônico e o seu funcionamento.

A figura 1 apresenta um diagrama em blocos apenas das partes funcionais necessárias à técnica de processamento do sinal do girômetro.

A figura 2 ilustra um gráfico da parte ac da tensão de saída do amplificador de transimpedância.

O diagrama em blocos (figura 1) apresenta: fotodiodo (102) acoplado à saída da fibra óptica do sensor (101); amplificador de transimpedância (103); (104) faz o acoplamento ac do sinal; (105) sinal de comando de referência gerado a partir do sinal modulante de fase óptica dos feixes luminosos que excitam o sensor (101); detector de médias de semi-ciclos negativos (106); (107) é o circuito responsável por gerar uma

tensão elétrica cujo módulo e sinal representam respectivamente a intensidade e sentido da rotação; (108) mede a profundidade de modulação e gera uma tensão de erro para seu controle; (109) é um conversor de tensão analógica para digital; (110) é o circuito utilizado para medir a intensidade luminosa e gerar uma tensão de erro para manter sua estabilidade.

O fotodiodo (102) acoplado à saída da fibra óptica do sensor (101) possui parâmetros compatíveis com a aplicação desejada e fornece uma corrente de saída com as informações que foram coletadas pelo sensor (101) que serão medidas com precisão pelo processamento proposto. O amplificador de transimpedância (103) é utilizado para converter em tensão a corrente detectada pelo fotodiodo (102), e caracteriza-se por não introduzir distorções de fase e amplitude acima dos limites aceitáveis em toda a banda de freqüências necessárias ao processamento do sinal. O detector de médias (105) é utilizado para medir com precisão os valores médios dos semi-ciclos negativos (201) e (202) do sinal da figura 2, que representa a parte ac o sinal de saída do amplificador (103).

Para se entender melhor o processamento empregado pela técnica proposta observe a figura 2 que representa o sinal ac de saída do amplificador (103). O detector de médias (106) calcula o valor médio do semi-ciclo (201) e do semi-ciclo (202), que são chamados de V_- e V_+ respectivamente. Este detector é implementado com comparadores de tensão e chaves analógicas, sendo capaz de calcular V_- e V_+ com extrema precisão. O circuito (107), de posse de V_-, V_+ e V_{acp} (203), que é o valor de pico da parte ac do sinal de saída do amplificador de transimpedância (103), é capaz de fornecer a medida da intensidade e o sentido da rotação. Ele implementa a operação $\frac{V_+ - V_-}{V_{ACp}}$ e gera uma tensão elétrica proporcional à intensidade de rotação. Além disso, essa tensão é independente da potência da luz incidente no fotodiodo, dependendo apenas da intensidade de rotação e da profundidade de modulação. Mesmo assim a sensibilidade à modulação é pequena. A saída do circuito (107) é digitalizada pelo conversor AD (109).

Um detector de sinais de girômetro deve ser capaz de medir a intensidade de rotação ($\Delta\phi_s$) e controlar a profundidade de modulação (ϕ_m). Além disso, este deve ser capaz de fornecer uma saída que permita o controle da potência do laser. O bloco (110) detecta o valor de pico do sinal logo na saída do amplificador de transimpedância (103) e

fornece uma tensão que é proporcional a potência do sinal incidente no fotodiodo. Esta tensão é comparada a um sinal de referência gerando uma tensão de erro, que pode ser usada para controlar e manter estável a potência dos feixes de luz. O detector de média fornece os sinais V+ e V- ao circuito de (108), que juntamente com o valor de pico da parte AC do sinal depois de (104) são processados seguindo a expressão $\frac{V_+ + V_-}{V_{ACp} + \alpha|V_+ - V_-|}$, onde α representa uma pequena porcentagem da diferença ente V_+ e V_-. O circuito (108) ainda fornece um sinal de erro que pode ser usado para manter o valor de ϕ_m estável.

Essa técnica de processamento pode ser usada tanto por girômetros a polarização dinâmica em sistemas de malha óptica aberta ou fechada.

REIVINDICAÇÕES

1) "TÉCNICA DE PROCESSAMENTO DE SINAIS DE GIRÔMETROS INTERFEROMÉTRICOS DE SAGNAC ATRAVÉS DA DIFERENÇA DAS MÉDIAS DOS SEMI-CICLOS NEGATIVOS DO SINAL", caracterizada por conter um fotodiodo (102) acoplado à saída da fibra óptica sensor (101) que fornece uma corrente fotodetectada que é convertida em tensão por um amplificador de transimpedância (103); (106) circuito detector de médias dos semi-ciclos negativos; (110) medidor da intensidade luminosa; (108) medidor da profundidade de modulação.

2) "TÉCNICA DE PROCESSAMENTO DE SINAIS DE GIRÔMETROS INTERFEROMÉTRICOS DE SAGNAC ATRAVÉS DA DIFERENÇA DAS MÉDIAS DOS SEMI-CICLOS NEGATIVOS DO SINAL", que é caracterizada pelo fato de que a medida da intensidade e sentido da rotação, experimentada pelo sensor, serem feitas utilizando-se os valores médios dos semi-ciclos negativos do sinal de saída do amplificador de transimpedância (103).

3) "TÉCNICA DE PROCESSAMENTO DE SINAIS DE GIRÔMETROS INTERFEROMÉTRICOS DE SAGNAC ATRAVÉS DA DIFERENÇA DAS MÉDIAS DOS SEMI-CICLOS NEGATIVOS DO SINAL" caracterizada pelo uso de comparadores de tensão e chaves analógicas na implementação do bloco (106) responsável por fornecer as tensões médias dos semi-ciclos negativos alternados do sinal elétrico proveniente da detecção do sinal óptico de um interferômetro de Sagnac utilizando polarização dinâmica.

4) - "TÉCNICA DE PROCESSAMENTO DE SINAIS DE GIRÔMETROS INTERFEROMÉTRICOS DE SAGNAC ATRAVÉS DA DIFERENÇA DAS MÉDIAS DOS SEMI-CICLOS NEGATIVOS DO SINAL", caracterizada pelo uso da razão entre a diferença das tensões médias dos semi-ciclos negativos alternados do sinal elétrico em tensão e o valor de pico do sinal elétrico em tensão proveniente da detecção do

sinal óptico de um interferômetro de Sagnac, utilizando polarização dinâmica, na determinação da taxa de rotação aplicada sobre o interferômetro.

5) "**TÉCNICA DE PROCESSAMENTO DE SINAIS DE GIRÔMETROS INTERFEROMÉTRICOS DE SAGNAC ATRAVÉS DA DIFERENÇA DAS MÉDIAS DOS SEMI-CICLOS NEGATIVOS DO SINAL**", caracterizada pela implementação da expressão $\frac{V_+ + V_-}{V_{ACp} + \alpha|V_+ - V_-|}$ na obtenção da amplitude e no controle da modulação de fase da polarização dinâmica do interferômetro de Sagnac. Onde V_-, V_+ e V_{ACp} são respectivamente (201), (202) e (203). O símbolo α representa uma pequena porcentagem do módulo da diferença entre V_- e V_+.

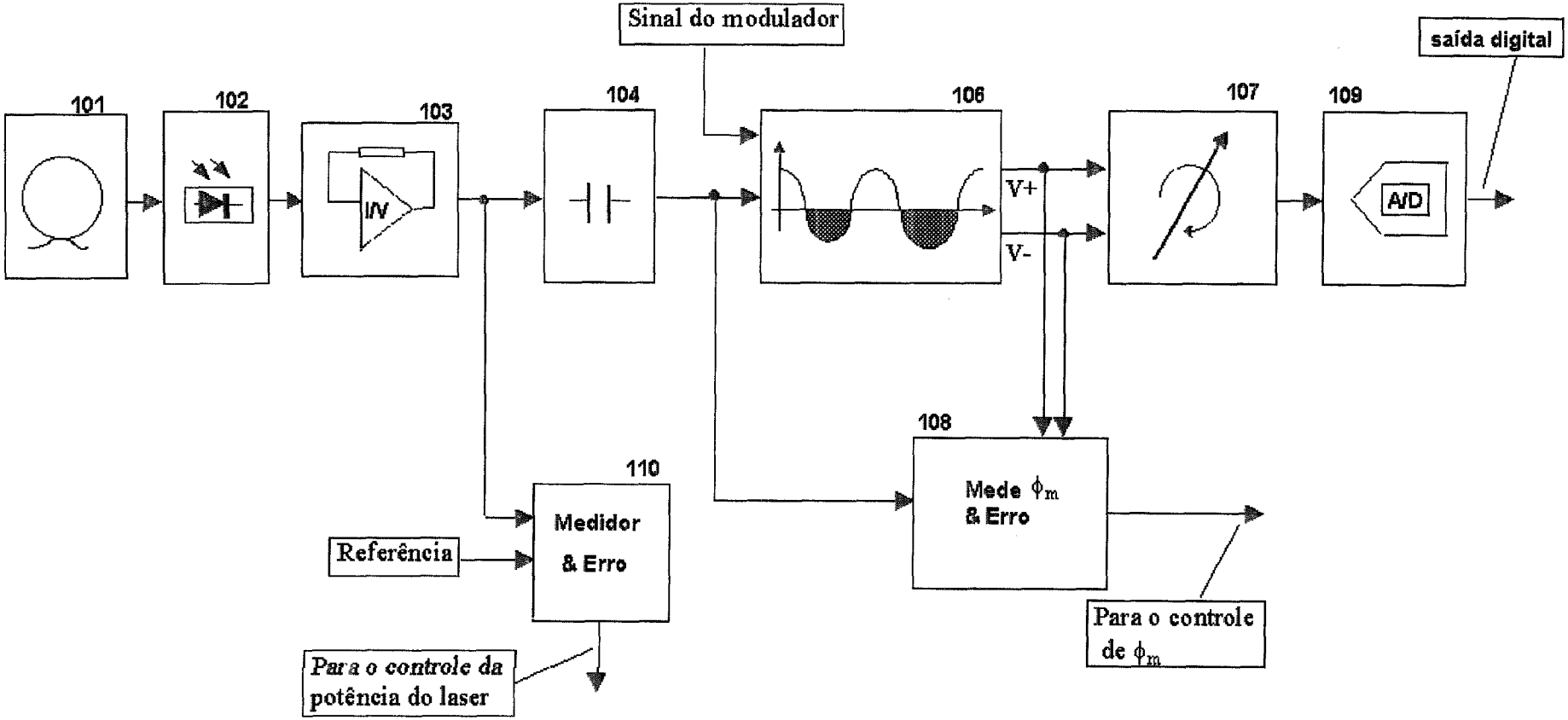
Sinal do modulador
saída digital
101
102
103
104
106
107
109
I/V
V+
V-
A/D
108
110
Mede ϕ_m
& Erro
Medidor
& Erro
Referência
Para o controle da
potência do laser
Para o controle
de ϕ_m

Figura1

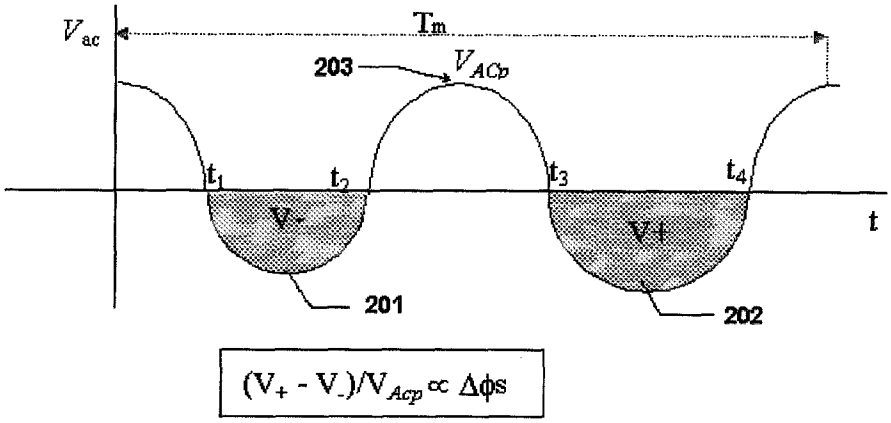
V_{ac}
Tm
203
V_{ACp}
t_1
t_2
t_3
t_4
V-
V+
t
201
202
$(V_+ - V_-)/V_{Acp} \propto \Delta\phi s$

Figura 2

RESUMO

"TÉCNICA DE PROCESSAMENTO DE SINAIS DE GIRÔMETROS INTERFEROMÉTRICOS DE SAGNAC ATRAVÉS DA DIFERENÇA DAS MÉDIAS DOS SEMI-CICLOS NEGATIVOS DO SINAL".

O presente relatório apresenta um sistema opto-eletrônico (figura 1) que demodula a intensidade e o sentido da razão de rotação experimentada por um sensor interferométrico de Sagnac à polarização dinâmica e fornece tensões elétricas de saída que podem ser usadas para controlar a intensidade luminosa dos feixes de luz e a estabilidade da modulação dinâmica empregada no sistema.

Propõe-se a utilização da diferença entre os valores das médias dos semi-ciclos negativos alternados do sinal de saída do amplificador de transimpedância acoplado ao fotodiodo do sistema interferométrico. No qual o circuito detector de médias dos semi-ciclos (106) é implementado utilizando-se chaves analógicas e comparadores de tensão. Também são propostos a medição e o controle da profundidade de modulação utilizando-se os valores das médias dos semi-ciclos negativos (201), (202) e o valor de pico (203) da tensão ac de saída do amplificador (103).

Este modelo de configuração pode ser utilizado tanto em sistemas de malha óptica aberta ou fechada.

As dificuldades tecnológicas de implementação desta técnica de processamento são bem menores do que aquelas das configurações já conhecidas.