

5 Um Algoritmo para Auto-Calibração

Foi relatada ao longo desse trabalho a importância do modelo de polarímetro desenvolvido ser capaz de efetuar um processo de autocalibração, isto é, um meio através do qual o instrumento seria capaz de obter as tensões de (4.1) sem a necessidade de recorrência a um polarímetro de referência. O objetivo desse capítulo é apresentar brevemente uma proposta de procedimento de autocalibração que solucione esse problema. É importante deixar claro que esse procedimento não foi verificado experimentalmente e, por essa razão, esse capítulo foi deixado no fim da dissertação como apenas uma sugestão. Os detalhes serão omitidos e apenas uma visão geral será fornecida.

O funcionamento do algoritmo proposto a seguir depende da existência de uma terceira lâmina piezoelétrica que antecede L_1 na figura 10, que será chamada de L_0 e é idêntica à lâmina L_2 . É importante que a pré-tensão dessa lâmina (tensão de *offset*) seja praticamente nula, de forma que ao aplicarmos uma tensão elétrica nula no atuador piezoelétrico a birrefringência gerada seja desprezível. Além disso, estamos considerando que a etapa de alinhamento do polarizador (seção 4.2) já foi concluída.

Antes da descrição do algoritmo, observe que as birrefringências necessárias para a obtenção dos parâmetros de Stokes, calculadas na seção 3.2.3, depende de apenas três fases distintas: 0 , $\pi/2$ e $-\pi/2$. Portanto, se for possível calcular o valor das tensões que, aplicadas às lâminas L_1 e L_2 , gerem essas fases, o problema da calibração estará resolvido. Dessa forma, o algoritmo se subdivide em duas partes: a calibração da lâmina L_2 e a calibração da lâmina L_1 .

5.1 Calibração da Lâmina L_2

No algoritmo desenvolvido, a ordem de calibração das lâminas é fundamental e o procedimento deve necessariamente iniciar com a calibração da lâmina L_2 . O objetivo dessa etapa é obter os 3 valores de tensão que resultem em fases de 0 , $\pi/2$ e $-\pi/2$. Esse processo não necessita da lâmina L_0 , e portanto aplicamos uma

tensão nula nessa lâmina durante a calibração de L_2 . Isso faz com que, para todos os efeitos, a configuração do polarímetro seja idêntica à ilustrada na figura 10.

O processo se desenrola da seguinte forma: conectamos dois geradores senoidais aos atuadores das lâminas L_1 e L_2 , sendo a frequência do sinal inserido em L_1 muito menor (por exemplo, 10 vezes) que o de L_2 . Para uma tensão em L_1 fixa, o efeito de modular L_2 é enxergado no fotodetector como uma variação senoidal de intensidade, já que as rotações provocadas por L_2 alteram o ângulo entre o estado de polarização em sua saída e o eixo do polarizador (ver figura 11). Para uma tensão em L_1 que varie lentamente, teremos uma variação dos valores máximo e mínimo, de forma que a frequência do sinal aplicado aparecerá na saída como uma envoltória do sinal resultante da modulação de L_2 . A figura 26 ilustra o sinal observado no fotodetector, supondo uma relação linear entre fase e tensão.

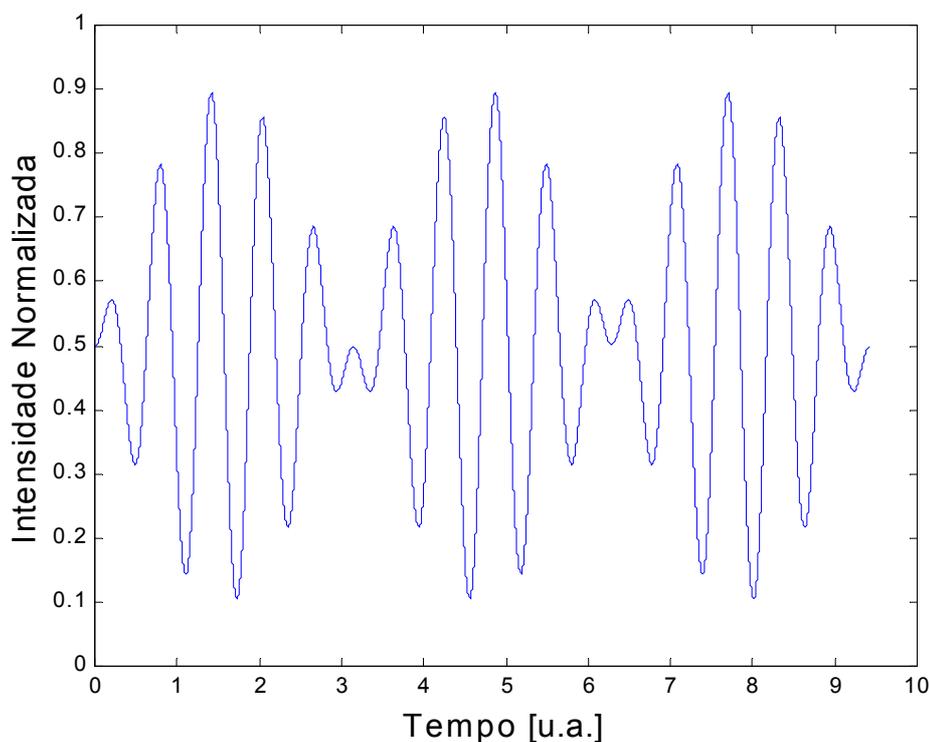


Figura 1: Intensidade na saída para modulação das tensões em L_1 e L_2

Através da observação comparativa entre as figuras 11 e 26, observa-se que os mínimos de intensidade ocorrem quando o estado de polarização na entrada do polarizador se encontra formando o maior ângulo possível com o eixo s_1 , ou seja, quando se encontra no plano do equador na região $s_1 < 0$. Já os máximos de intensidade se encontram na região $s_1 > 0$, também no plano do equador. A

intensidade média será obtida quando o estado de polarização estiver sobre o grande círculo vermelho da figura 11, ou seja, no plano s_2s_3 .

A situação ilustrada na figura 26 é uma situação obtida para um estado de polarização genérico de entrada. No entanto, quanto mais o SOP de entrada se aproxima do eixo s_1 , menores são as variações de intensidade causadas pelas rotações de L_1 . Quando a luz na entrada possui polarização Linear 0° ou 90° (ou seja, está alinhada com o eixo s_1), a envoltória do sinal da figura 26 *desaparecerá*, de forma que será vista uma senóide. Essa senóide corresponderá às intensidades no fotodetector correspondentes ao grande círculo vermelho da figura 11. Supondo que a luz na entrada está polarizada na horizontal, os valores de *máximo* correspondem à fase 0, enquanto os de mínimo correspondem a uma fase de π radianos. Os valores de tensão que provocam a metade da intensidade máxima são os correspondentes às fases de $\pm\pi/2$.

Observe, portanto, que o polarímetro desenvolvido é capaz de discernir se a luz de entrada está coincidindo com um dos auto-estados da lâmina L_1 . A partir desse resultado, a menos de uma rotação de 180° na esfera de Poincaré, ele é capaz de identificar as fases necessárias da lâmina L_2 para seu correto funcionamento. Resta apenas retirar essa dúvida, isto é, descobrir se a entrada, no momento em que a envoltória da figura 26 desaparece, está coincidindo com a direção linear x ou linear y . Isso pode ser facilmente resolvido, como será mostrado adiante.

5.2 Calibração da Lâmina L_1

O processo de calibração da lâmina L_1 é um pouco mais complexo que o de L_2 pois há envolvimento das três lâminas. Primeiramente, selecionamos uma tensão fixa em L_0 , para que seu efeito seja constante. Como L_0 funciona da mesma forma que L_2 , seu efeito é de causar rotações em torno do eixo s_2 . Considerando que a entrada não foi alterada desde a última calibração, isto é, que o estado de polarização de entrada é Linear 0° , o efeito de L_0 será causar uma rotação fixa (que deve ser diferente de múltiplos de π) ao longo do grande círculo vermelho.

Em seguida, modulamos as tensões de cada uma das duas outras lâminas de forma que a frequência do sinal de tensão em L_1 seja muito menor (10 vezes) que o de L_2 e obtemos uma intensidade no fotodetector muito semelhante à da figura 26. As tensões correspondentes aos máximos do sinal obtido são aquelas que geram uma fase de 0 ou π radianos, enquanto os mínimos correspondem às fases de $\pm\pi/2$. Note que, nesse momento, estamos observando a envoltória do sinal, e não o sinal propriamente dito, já que o responsável pela envoltória é a lâmina L_1 (rotação mais lenta). Mais uma vez, não há como distinguir as fases 0 e π ; escolhe-se uma delas ao acaso (assim como no procedimento anterior estabeleceu-se ao acaso que a entrada era linear 0°). Se necessário, a visibilidade da figura pode ser melhorada alterando-se a tensão fixa de L_0 .

Para a dúvida ser retirada a respeito das fases 0 ou π na lâmina L_2 , desligamos L_0 e aplicamos a tensão em L_2 correspondente à defasagem que arbitrariamente definimos como “0”. Em seguida, inserimos um polarizador na frente do conector de entrada, na direção horizontal, e o iluminamos (com a luz de uma lanterna, por exemplo). Anotamos a intensidade no fotodetector, e em seguida rodamos o polarizador para alinhá-lo com a vertical e repetimos a medida. Se a lâmina L_2 estiver corretamente ajustada, a primeira leitura será muito maior que a segunda; caso contrário, redefinimos todas as defasagens (o que havíamos chamado de 0 passa a ser π , $\pi/2$ passa a $-\pi/2$, etc).

Quanto às fases na lâmina L_1 , o procedimento é o mesmo, mas o polarizador é orientado nas direções $+45^\circ$ e -45° e as lâminas são configuradas para gerar uma fase de $\pi/2$. No caso de L_2 , sabemos que a defasagem aplicada estará correta, mas nada sabemos a respeito de L_1 . Se a intensidade da leitura com o polarizador a $+45^\circ$ for maior que a obtida no caso -45° , quer dizer que adivinhamos corretamente a fase de $+\pi/2$; caso contrário, redefinimos as fases da mesma forma.

5.3 Comentários

É importante comentar que o termo “auto-calibração” não quer dizer que o algoritmo é auto-suficiente. Vimos que é necessário o uso de um polarizador na entrada de forma que o polarímetro consiga distinguir entre comportamentos de lâmina de meia-onda (defasagem de π radianos) e lâmina de onda completa

(defasagem de 0 radianos). Se o polarizador não estiver disponível, o polarímetro só será capaz de estabelecer o valor dos parâmetros de Stokes em módulo; os sinais serão desconhecidos. De qualquer forma, o uso do polarizador não requer nenhuma precisão; quando o algoritmo pede um polarizador na direção “vertical” não quer dizer que o polarizador precise estar perfeitamente alinhado com a vertical, e sim que ele se encontre em uma direção *aproximadamente* vertical (com uma margem de erro de alguns graus).

Este algoritmo não foi testado na prática por alguns motivos. Em primeiro lugar, o procedimento de auto-calibração utiliza sinais senoidais, enquanto o polarímetro foi configurado para trabalhar com degraus de tensão. A natureza eletromecânica do sistema nos impede de tirar conclusões a respeito da usabilidade de resultados obtidos em regime senoidal permanente para uma situação de regime permanente usando funções degrau, já que as lâminas respondem a esses diferentes estímulos de formas diferentes. Esse problema já havia sido identificado no capítulo 4: não podemos configurar as birrefringências das lâminas aplicando tensões constantes.

Atualmente, está sendo desenvolvido um novo sistema que utiliza sinais senoidais no processo de escrita de dados nos canais D/A da placa de aquisição de dados. Esse é um sistema muito mais sensível ao instante de amostragem que o utilizado nessa dissertação para comprovar que o modelo de fato funciona e, por esta razão, é muito mais complexo, fugindo do escopo dessa dissertação que é apenas apresentar um modelo de polarímetro e comprovar que ele funciona. De qualquer forma, fica aqui o registro do procedimento de auto-calibração como mais um atrativo do instrumento construído.