

Métodos não paramétricos de identificação de sistemas

Tassiano Neuhaus

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Departamento de Engenharia Elétrica
Av. Osvaldo Aranha, 103 - Bairro Bom Fim CEP: 90035-190 - Porto Alegre - RS - Brasil

Resumo—Neste trabalho será apresentado a caracterização de um sistema sujeito a incertezas. A caracterização será baseada nos seguintes tipos: Politópicas, limitadas em norma, diagonal e elemento por elemento.

Para cada uma das incertezas caracterizadas será projetada uma realimentação de estados para minimizar a norma H_2 em malha fechada. O mesmo será feito para minimizar a norma H_∞ .

Ao fim será feita uma breve comparação entre os resultados obtidos no trabalho.

Palavras-chave—Identificação de sistemas lineares, métodos não paramétricos.

I. INTRODUÇÃO

Neste trabalho será apresentado o projeto de controladores denominados Robustos. Para tanto será apresentado o conceito de um controlador Robusto. A fim de modelar um sistema sujeito a incertezas será apresentado alguns métodos para que sua modelagem matemática seja possível.

Para tornar o estudo mais claro será utilizado um sistema físico onde estará sujeito a perturbações e/ou incertezas. Sobre este sistema será feito a modelagem seguindo cada um dos processos e com estes modelos será efetuado uma simulação.

Esta simulação será baseada no projeto de uma realimentação de estados com o intuito de satisfazer a minimização da norma H_2 e H_∞ .

O sistema utilizado é apresentado no sistema de equações de estado descrito em (1).

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -ba & a+b \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ k \end{bmatrix} \quad (1)$$

Este sistema possui a função de transferência apresentado em (2).

$$G(s) = \frac{k}{(s-a)(s-b)} \quad (2)$$

Os parâmetros a, b, k estão sujeitos as variações apresentadas em (3).

$$\begin{aligned} b &= -0.012725 \\ k &= [k_1 \ k_2] = [-0.4649 \cdot 10^{-4} \ -0.7449 \cdot 10^{-4}] \\ a &= [a_1 \ a_2] = [-0.25 \ -2] \end{aligned} \quad (3)$$

II. BODE E NYQUIST

Nesta seção será apresentado o diagrama de Bode e Nyquist para o processo, descrito em (??). Utilizando-se duas abordagens:

- Básico onde aplica-se um onda senoidal na entrada do processo e mede-se a amplitude e a fase da onda que foi produzida na saída.
- Método melhorado, onde tenta-se reduzir a influência do ruído sobre as medidas coletadas.

A fim de comparar os resultados obtidos com um resultado correto, foi apresentado nas Figuras (1) e (2) os diagramas de Bode e Nyquist respectivamente do sistema sem ruído. Nas abordagens seguintes o sistema considerado terá ruído e será feito um comparativo para determinar qual método se aproxima mais da resposta real do sistema.

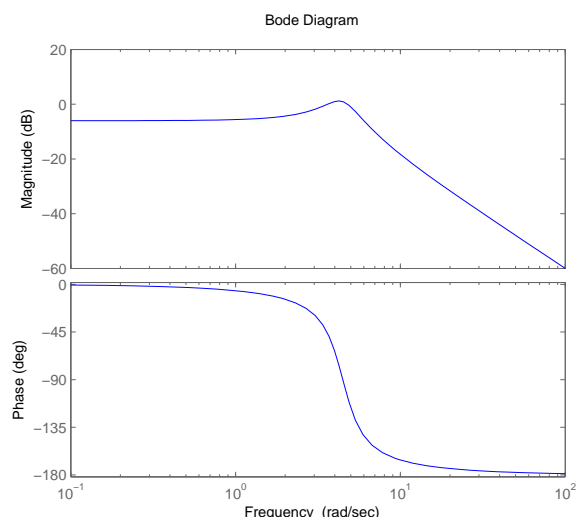


Figura 1. Diagrama de bode do sistema sem ruído.

A. Método Básico

Este método simples consiste em aplicar uma onda senoidal na entrada do processo e observar qual é a defasagem que a planta impõe sobre a onda da entrada e a qual é o ganho de amplitude que é aplicado.

Como a planta em questão possui ruído aditivo na saída, tem-se que as medidas efetuadas por este método são muito imprecisas, para calcular a amplitude do sinal de saída, basta analisar um ponto que fique mediano ao ruído observado, mas para a fase, esta informação é mais complicada, pois como a defasagem na planta em estudo é pequena, o ruído é muito grande, proporcionalmente, tornando as medidas muito incertas.

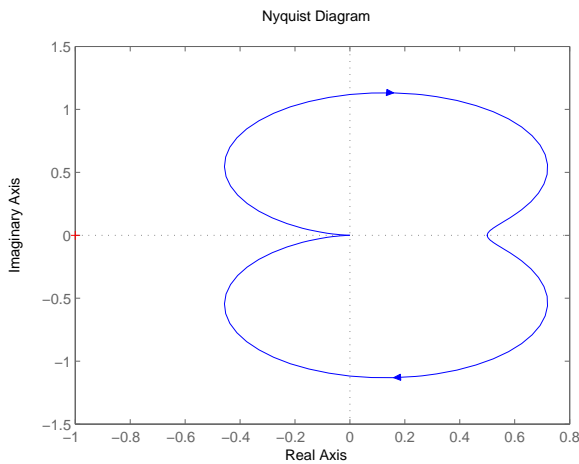


Figura 2. Diagrama de Nyquist do sistema sem ruído.

Na Figura (3) apresenta-se uma resposta padrão para uma entrada senoidal. Observa-se que a saída possui um ruído significativo. Utilizando-se o mesmo procedimento, para diversas frequências de ondas senoidais na entrada do processo, obtêm-se diversos pontos do diagrama de resposta em frequência do processo.

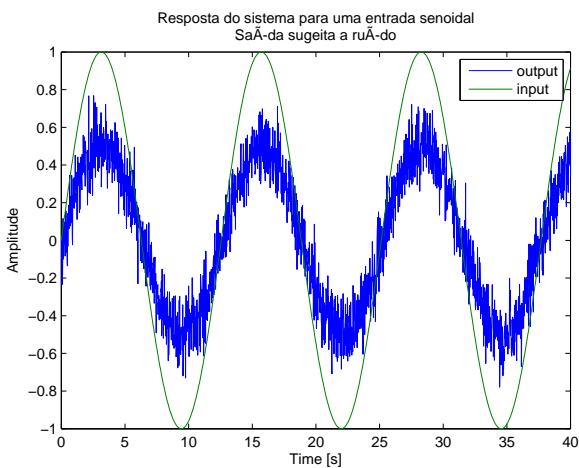


Figura 3. Resposta do sistema para entrada senoidal

Esta informações coletadas sobre o ganho e o deslocamento de fase aplicado sobre o sistema, chega-se as informações que estão contidas na Tabela (I)

B. Método melhorado

III. CONTROLE ROBUSTO

IV. CONCLUSÕES

O projeto de controladores denominados Robustos é uma área bem abrangente e com inúmeras aplicações na engenharia de controle. Sistemas sujeitos a incertezas são praticamente todos os sistemas físicos, alguns com mais e outros com menos intensidade e representatividade da incerteza apresentada. Estas incertezas como vimos pode ser de várias origens (Seção

Tabela I
MÉTODO BÁSICO

Frequência	Ganho	Fase [deg]
0.1		
0.1		
0.1		
0.1		
0.1		
0.1		
0.1		
0.1		
0.1		
0.1		

??) e são classificadas em tipos. Neste trabalho apresentamos a modelagem matemática de 4 tipos, considerados principais e que cobrem boa parte das incertezas mais encontradas.

Incertezas do tipo politípicas (Seção ??) formam uma região em forma de um politopo, e para se encontrar uma realimentação de estados para este sistema é necessário que o sistema seja estável em todos os vértices deste politopo. Nas seções ?? e ?? foi apresentado uma realimentação de estados para incertezas deste tipo tendo como requisitos as normas H_2 e H_∞ respectivamente. Foi observado pelas Figuras (??) e (??) que o sistema que é submetido a norma H_2 possui um sobrepasso maior para uma entrada do tipo degrau, e um tempo de acomodação maior se comparado com o sistema sujeito a norma H_∞ .

Incertezas do tipo limitadas em norma (Seção ??) onde não se tem informações detalhadas sobre os componentes do sistema. Para este tipo de incerteza se encontrou uma realimentação de estados sujeito as normas H_2 e H_∞ e nas Figuras (??) e (??) observa-se o comportamento do sistema nos dois casos, com o sistema no centro das incertezas e também em algum dos vértices das incertezas.

Apresentou-se também a modelagem matemática para incertezas do tipo Diagonais (Seção ??) e elemento a elemento (Seção ??).

Sa Seção III foi apresentado resumidamente a modelagem matemática utilizada para resolver o problema de estabilidade dos sistemas sujeitos a cada uma das incertezas retratadas neste trabalho.

Para a resolução dos problemas de incertezas para cumprimento das normas especificadas foi utilizado o Solver de LMI [?] do Matlab. A ferramenta é muito interessante e facilita muito o projeto e resolução da problemática que envolve sistemas mais complexos e com mais incertezas em sua formulação.

Controladores robustos são muitas vezes não só desejados, mas também necessários em certos tipos de aplicações. Desta forma o estudo de modelagem, caracterização e resolução destes problemas se torna muito importante. O conhecimento matemático dos métodos que as ferramentas atuais utilizam para resolução dos problemas é também muito importante e útil para qualquer engenheiro que venha a se deparar com problemas incertos e com requisitos de confiabilidade elevados.