

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—Este trabalho tem por objetivo demonstrar de forma simplificada um caso de uso de modelagem de sistema por métodos não paramétricos. Será apresentado desde a abordagem mais simples, onde aplica-se simplesmente uma onda senoidal e observa-se a amplitude e a fase da onda produzida na saída do processo, até métodos um pouco mais rebuscado, que buscam minimizar a influência do ruído sobre o sistema.

Para isso será utilizado um sistema com função de transferência conhecida, onde será aplicado um ruído branco de média zero, e serão utilizados os métodos comentados anteriormente para levantar a função de transferência do processo sujeito ao ruído.

Ao fim será apresentado um comparativo dos resultados obtidos em cada método.

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

I. INTRODUÇÃO

Identificação de sistemas por métodos não paramétricos são aqueles que não resultam em um modelo matemático tal como uma função de transferência, mas sim numa representação gráfica que caracteriza a dinâmica do sistema em estudo [1].

O sistema que será estudado neste trabalho tem sua função de transferência apresentado em (1). Este sistema ainda está sujeito a perturbação na saída, em forma de ruído.

$$G(s) = \frac{10}{s^2 + 2s + 20} \quad (1)$$

Na figura (1) é apresentado como o ruído é adicionado ao sistema para que as simulações possam ser feitas.

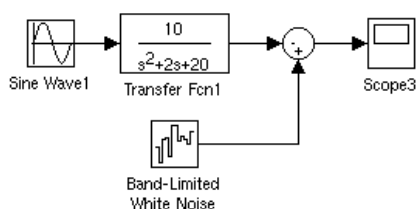


Figura 1. Sistema em estudo sujeito ao efeito de ruído branco na saída do processo.

II. BODE E NYQUIST

Nesta seção será apresentado o diagrama de Bode e Nyquist para o processo, descrito em (1). Utilizando-se duas abordagens:

- Básico onde aplica-se uma 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 (2) e (3) 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.

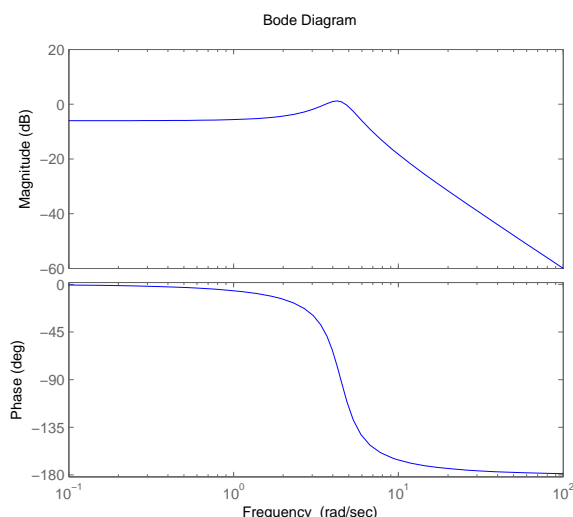


Figura 2. Diagrama de bode do sistema sem ruído.

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 de 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.

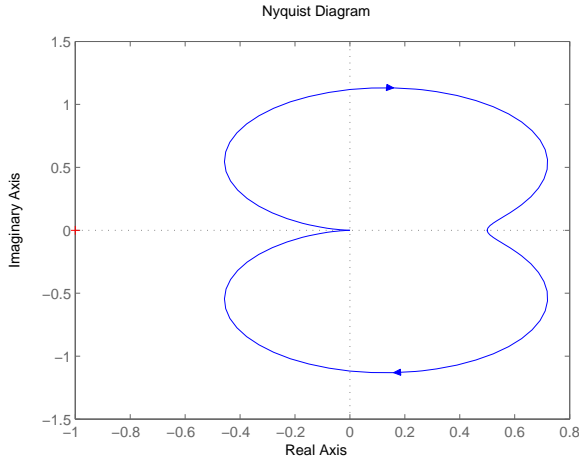


Figura 3. Diagrama de Nyquist do sistema sem ruído.

Na Figura (4) 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, obtém-se diversos pontos do diagrama de resposta em frequência do processo.

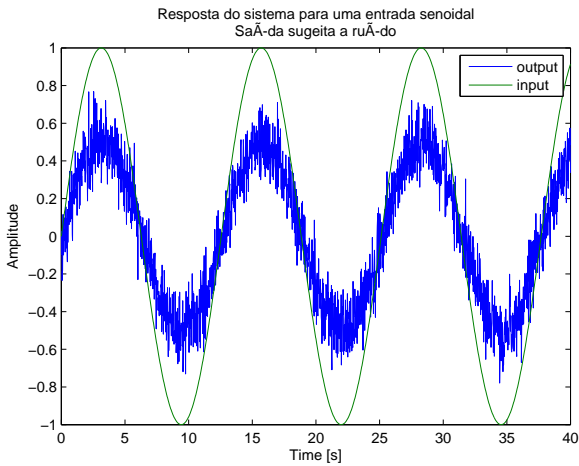


Figura 4. Resposta do sistema para entrada senoidal

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)

Tabela I MÉTODO BÁSICO		
Frequência	Ganho	Fase [deg]
0.01	0.5	0
0.1	0.45	-11
0.5	0.5	-46
1	0.55	-14
5	0.85	-86
10	0.14	-200
50	0.13	-186
100	0.0008	-183

Os dados apresentados na Tabela (I), podem ser utilizados para a confecção do diagrama de bode do sistema apresentado na Figura (5). Observa-se que o formato das curvas de fase e magnitude lembram as da Figura (2), mas a curva não possui um fidelidade com a que caracteriza o sistema sem perturbação.

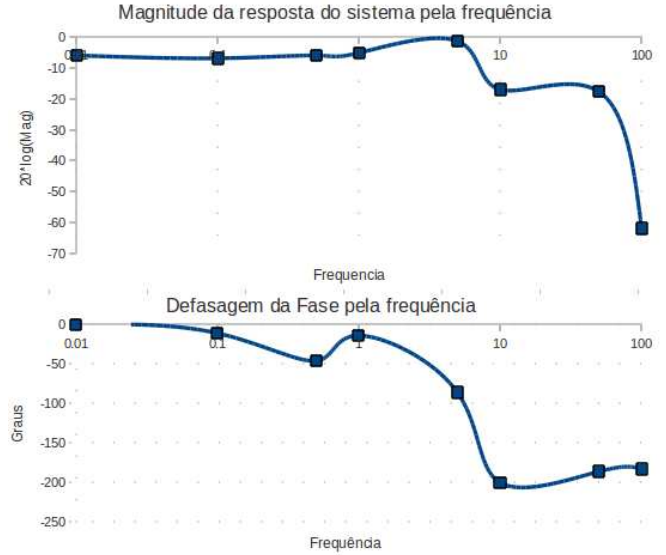


Figura 5. Diagrama de Bode para o sistema sujeito a ruído, utilizando-se o método básico para a identificação da curva de resposta em frequência.

B. Método melhorado

III. RESPOSTA IMPULSIVA

A resposta impulsiva de um sistema consegue caracterizar por completo o comportamento de um sistema para qualquer tipo de entrada. Pois convoluindo-se no tempo esta função, com o sinal de entrada, tem-se o sinal de saída do sistema.

O objetivo nesta seção é apresentar um método para estimar-se esta resposta impulsiva do sistema.

Sabe-se que a equação apresentada em (2) é verdadeira, que apresenta a convolução do sinal discreto pela resposta impulsiva do sistema, acrescido de ruído. [2]

$$y(t) = \sum_{k=0}^{\infty} h(k)u(t-k) + \nu(t) \quad (2)$$

Em (3) tem-se a equação de Wiener-Hopf.

$$r_{yu}(\tau) = \sum_{k=0}^{\infty} h(k)r_u(\tau-k) \quad (3)$$

A função covariância em (3) pode ser obtida pelas equações (4) e (5).

$$\hat{r}_{yu}(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N-\tau} y(t+\tau)u(t) \quad (4)$$

$$\hat{r}_u(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N-\tau} u(t+\tau)u(t) \quad (5)$$

Para $\tau = 0, 1, 2, \dots$ e o sistema causal ($y=0$, para $t < 0$).

Aplicando-se um sinal aleatório da entrada do sistema, a resposta impulsiva do mesmo pode ser obtida por (6).

$$h(k) = \frac{r_{yu}(k)}{r_u(0)} \quad (6)$$

Utilizando o código do matlab apresentado no anexo 1, obteve-se a resposta impulsiva apresentada na Figura (7). Na figura (6) apresenta-se a resposta impulsiva do sistema sem ruído, calculado pela função Impulse do matlab.

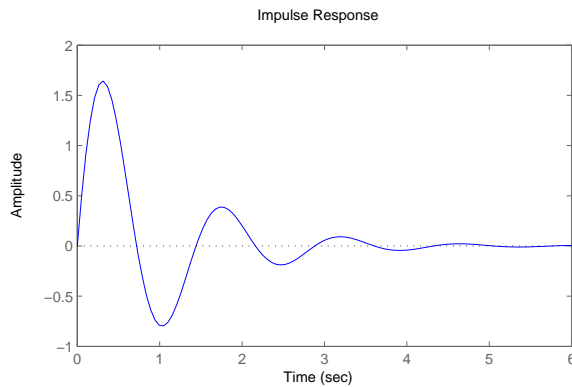


Figura 6. Resposta impulsiva do sistema sem a interferência do ruído, obtido utilizando a função impulse do Matlab.

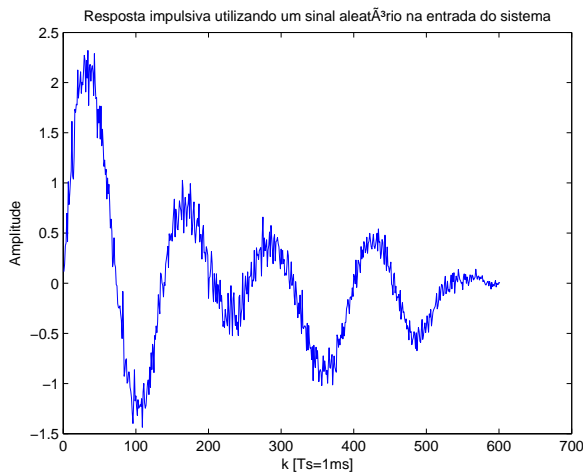


Figura 7. Resposta impulsiva do sistema com a interferência do ruído, obtido utilizando um sinal aleatório na entrada do sistema.

IV. CONCLUSÕES

Neste trabalho apresentou-se métodos para identificação de sistemas utilizando-se métodos não paramétricos, ou seja, métodos que identificam a característica gráfica da resposta do sistema.

Foram apresentados métodos de identificação da função de transferência e também para a identificação da resposta impulsiva do sistema.

O sistema considerado era sujeito a perturbações na saída, e desta forma métodos mais simplificados para o levantamento

da função de transferência não possuem confiabilidade, pois são muito susceptíveis ao ruído, podendo muitas vezes alterar toda a caracterização do sistema.

APÊNDICE

APENDICE 1

```
%=====
% Identificacao de sistemas
% Tassiano Neuhaus
% tassianors@gmail.com
% UFRGS
%=====

close all; clear all;
syms s;
s=0;
TS=0.01;
TF=6;

G=tf([10],[1 2 20]);
% u
t = 0:TS:TF;
%u = sin(t);
u = randn(size(t));
ynr=lsim(G, u, t);
y=ynr+u'*0.2*0.2;
%figure(1); plot(t,u,y);

%agora temos a entrada e a saída.
% Agora podemos calcular ru
N=size(y,1)

% Inicializar
ru=zeros(N,1);
for tal=1:N
    for t=1:N-tal
        s=s+u(t+tal)*u(t);
    end
    ru(tal)=s;
    s=0;
end
%figure(2); plot(ru/N);
ru=ru/N;

M=100;
RM=zeros(M);
for i=1:M
    for j=1:M
        RM(i,j)=ru(sqrt((j-i)^2)+1);
    end
end

ryu=zeros(N,1);
for tal=1:N
    for t=1:N-tal
        s=s+y(t+tal)*u(t);
    end
    ryu(tal)=s;
    s=0;
end
ryu=ryu/N;
figure(3); plot(ryu);

for i=1:M
    RYU(i)=ryu(i);
end

h=ryu/(sqrt(ru(1)^2));

figure(4); plot(h);
figure(5); impulse(G);
```

REFERÊNCIAS

- [1] L. A. Aguirre, *Introdução à identificação de sistemas, Técnicas lineares e não-lineares aplicadas a sistemas reais*, 2nd ed. Belo Horizonte, Minas Gerais: Editora UFMG, 2004, vol. 1.
- [2] T. Soderstrom and P. Stoica, *System identification*. New york: Prentice Hall, 2001.