

Implementação Computacional do Método de Floyd para Análise da Resposta Transitória em Reguladores

José Flávio Feiteira, José Luiz Guarino e Rodrigo Guerra de Souza*

Depto. VCE - Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia MCCT/EEIMVR/UFF.
27255-125, Av. dos Trabalhadores 420 Vila Sta Cecília - Volta Redonda, RJ.

RESUMO

No presente trabalho é desenvolvida e aplicada uma metodologia, na qual calcula-se computacionalmente, e em ambiente Matlab, a resposta ao degrau unitário no domínio do tempo, dada inicialmente uma resposta no domínio da frequência (ganho e defasagem) de um regulador em malha fechada pelo método de Floyd para análise de sua resposta transitória. Conclui-se, a partir dos gráficos apresentados, que o método computacional gera resultados satisfatórios quando comparado com o modelo analítico.

Palavras-chave: *Resposta Transitória, Reguladores, Método de Floyd.*

INTRODUÇÃO: Na análise de resposta transitória dos reguladores, em geral, não há uma correlação direta entre a resposta do sistema no domínio da frequência e a resposta ao degrau unitário no domínio do tempo. O método de Floyd é conhecido por resolver este problema através de análise gráfica, entretanto o presente trabalho traz o desenvolvimento deste método implementado computacionalmente, ou seja, a partir de uma equação numérica, calcula-se a resposta ao degrau unitário no domínio do tempo $r(t)$ dada uma resposta no domínio da frequência $G(w)$ conhecidos o ganho e a defasagem de um sistema de segunda ordem sujeito à seguinte restrição:

$$\lim_{w \rightarrow \infty} G(w) = 0 \quad (1)$$

METODOLOGIA: Utilizando-se a transformada inversa de Fourier na resposta de frequência $G(w)$ do sistema, deduz-se a resposta ao degrau unitário no domínio do tempo $r(t)$ conforme a equação (2):

$$r(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} G \cos \theta \frac{\sin(wt)}{w} dw \quad (2)$$

onde, G é o ganho, θ é a defasagem, e w é a frequência em rad/s .

De posse da resposta no domínio da frequência do sistema de malha fechada, calcula-se a curva $G \cos \theta$, impondo-se a linearização por setores na banda de frequência B . O método de Floyd consiste na linearização desta curva, na qual $G \cos \theta$ é escrito na forma linear $B = aw + b$, onde a e b são, respectivamente, os coeficientes angular e linear a determinar. Após a linearização, obtém-se a equação numérica (3) para o cálculo da resposta ao degrau unitário no domínio do tempo $r(t)$, onde $S_i(wt)$ é a função Seno-integral.

$$r(t) = \frac{2}{\pi} \sum_{w=0}^B \left[\left(\frac{G_j \cos(\theta_j) - G_i \cos(\theta_i)}{w_i - w_j} \right) \left(\frac{\cos(w_j t) - \cos(w_i t)}{t} \right) \right] + \left[\left(\frac{w_i G_j \cos(\theta_j) - w_j G_i \cos(\theta_i)}{w_i - w_j} \right) (S_i(w_j t) - S_i(w_i t)) \right] \quad (3)$$

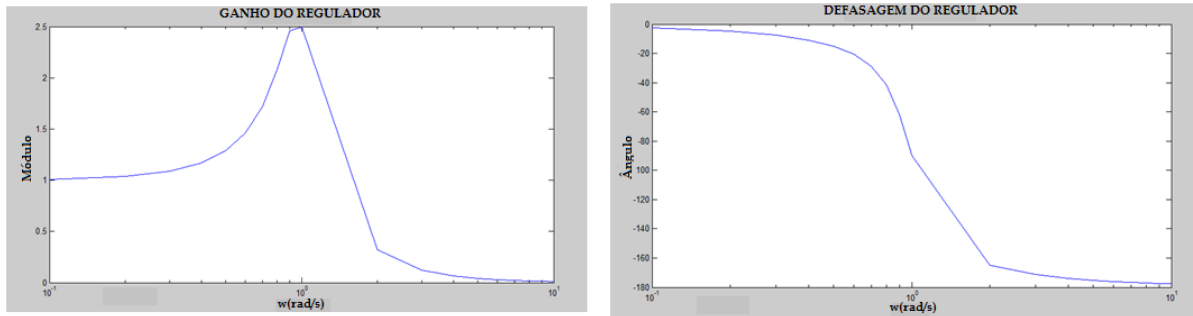
*Estudantes no MCCT/EEIMVR/UFF. E-mail: galloguarino@gmail.com e rodrigomcct@gmail.com

IMPLEMENTAÇÃO: Dado um sistema de segunda ordem cuja equação analítica (4) no domínio da frequência é:

$$G(s) = \frac{w_n^2}{s^2 + 2\zeta w_n s + w_n^2} \quad (4)$$

onde $\zeta = 0.2$ e $w_n = 1 \text{ rad/s}$

Fazendo-se $s = jw$, temos os seguintes gráficos:



(a) Ganho

(b) Defasagem

Figura 1: Resposta de frequência num sistema de malha fechada

Caso o ganho G seja dado em Decibéis, calcula-se $G' = (10)^{\frac{G}{20}}$;
 Caso a frequência f seja dada em Hz , calcula-se $w = 2\pi f$.

DISCUSSÃO E RESULTADOS: Com base nos resultados obtidos, ver figura (2), verifica-se que o Método de Floyd, implementado computacionalmente, apresenta resultados satisfatórios, porém com um pequeno retardo no tempo quando comparados com a solução analítica.

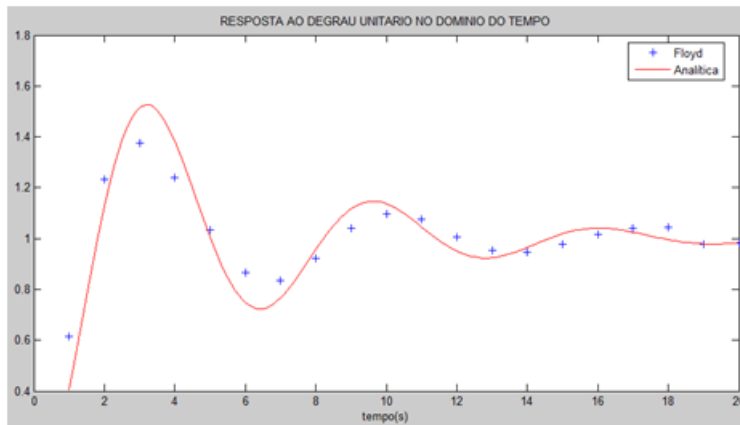


Figura 2: Resposta ao degrau unitário no domínio do tempo

Esse fenômeno ocorre, porque linearização da curva não considera a banda de frequência completa conforme os gráficos da figura (1)

Referências

[1] J.M.Gordon, Basic Automatic Control Theory, First Edition, June 1957, D.Van Nostrand Company, INC. Princeton, New Jersey.