Guia Prática 02 – LTC: Identificação de Sistemas - Parte 2

Professor: Dr. Lucas Silva de Oliveira
lqsoliveira@cefetmg.br

1 de setembro de 2020

1 Objetivos

Obter o modelo do sistema de forma experimental, a partir de ferramentas de identificação de sistemas.

2 Conceitos gerais

Suponha que estejam disponíveis os sinais de entrada e saída de um sistema real qualquer. A identificação de sistemas se propõe a obter um modelo matemático que explique, pelo menos em parte e de forma aproximada, a relação de causa e efeito presente nos dados.

Em linhas gerais, as principais etapas de um problema de identificação são:

- testes dinâmicos e coleta de dados;
- escolha da representação matemática a ser usada;
- determinação da estrutura do modelo;
- estimação de parâmetros; e
- validação do modelo.

2.1 Técnicas de Identificação de Sistemas

As mais diversas técnicas de identificação podem ser utilizadas na obtenção de um modelo, que descreva aproximadamente a dinâmica de um sistema. Dentre essas técnicas vale destacar:

- Método da resposta ao degrau.
  - Modelos com dois parâmetros.
  - Modelos com três parâmetros.
  - Modelos com quatro parâmetros.
  - Modelos para sistemas com integrador.
  - Modelos para sistemas oscilatórios.
- Método dos momentos.
- Método da resposta em frequência (característica: malha fechada)
  - Método da resposta em frequência de Ziegler-Nichols.
- Estimação de parâmetros
  - Método dos mínimos quadrados.

- Estimador auto-regressivo com entradas externas do inglês *autoregressive with exogenous input – ARX*.
- Estimador auto-regressivo com média móvel e entradas externas do inglês *autoregressive moving average with exogenous input – ARMAX*.
- Estimador não linear auto-regressivo com entradas externas do inglês *nonlinear autoregressive with exogenous input – NARX*.

2.1.1 Método da Resposta ao Degrau - 3 Parâmetros

Considere o modelo descrito por:

$$G(s) = \frac{K}{1+sT}e^{-sL} \tag{1}$$

em que: K é ganho estático, T é constante de tempo e L o tempo morto ou atraso do sistema. Esse modelo é caracterizado pelos três parâmetros $(K,\ T,\ L)$ é muito utilizado na sintonia de controladores do tipo proporcional-integral-derivativo – PID. Esse modelo apresenta resposta ao degrau descrita por:

$$s(t) = K\left(1 - e^{(t-T)/T}\right). \tag{2}$$

Além disso, é possível obter a constante:

$$\tau = \frac{L}{L+T} = \frac{L}{T_{ar}} \tag{3}$$

em que T_{ar} é o tempo de residência médio e $0 \leq \tau \leq 1$ é a taxa normalizada do tempo morto ou taxa de controlabilidade. Esse parâmetro pode ser usado como um indicativo sobre a dificuldade para se controlar um sistema, tal que, quanto mais próximo de $\tau \sim 1$ mais difícil poderá ser o controle.

Os parâmetros do modelo (1) podem ser determinados graficamente, conforme representado na Figura 1.

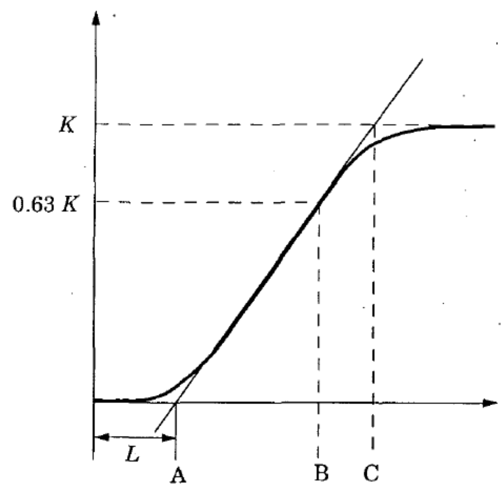

Figura 1: Determinação gráfica dos três parâmetros do modelo (1) para sistemas sujeito a uma entrada degrau.

Note que os parâmetros K e L são obtidos diretamente a partir do gráfico da Figura 1. Já o parâmetro T pode ser obtido das mais variadas formas, como se segue, $T =$:

- distância entre os pontos AC, ou,
- distância entre os pontos AB.

3 Atividades

1. Identifique 3 modelos para o tanque no processo de controle de nível conforme descrito pela modelo (1). Para tal utilize as duas maneiras para determinação da constante de tempo do sistema, T.

2. Valide ambos modelos e compare as respostas. Qual modelo obteve a melhor resposta e por que?

3. Baseando na resposta do item anterior, encontre um modelo médio final para o sistema. E o valide em sequência de degraus diferente daquela usada para modelar o sistema.

4. Compare e comente o desempenho dos modelos usando índices como IAE, ITAE e RMSE.

5. Avalie a controlabilidade para ambos os modelos.

6. É de comum conhecimento que o modelo descrito em (1), não é para muitas situações (sistemas) representativo, especialmente para sistemas que não apresentem elevada taxa de decaimento em altas frequências. Assim uma solução é modificar a representação da dinâmica do sistema, tal que:

$$G(s) = \frac{K}{(1+sT)^2}e^{-sL}. \tag{4}$$

O que corresponde a uma resposta temporal dada por:

$$s(t) = K\left(1 - \left(1 + \frac{t-L}{T}\right)e^{-\frac{t-L}{T}}\right). \tag{5}$$

Nessa abordagem, K e L são definidos a partir da análise gráfica, conforme descrito na Figura 1. Já a constante de tempo (T) é definida pela solução numérica da Equação (5). Baseando-se nessas informações, desenvolva um modelo (4) para o tanque de controle de nível e compare o desempenho com a melhor solução encontrada no item 4.

4 Referências:

Sugestão de leitura para melhor interpreção dos métodos:

- Astrom, K. and Hagglund, T. - **PID Controllers: Theory, Design and Tuning**. 2^{nd} edition, Instrument Society of America, Triangule Park, USA, 1995.

- Aguirre, L. A. - **Introdução à Identificação de Sistemas: Técnicas Lineares e Não Lineares Aplicadas a Sistemas Reais**. 3^{rd} edição, UFMG, Belo Horizonte, Brasil, 2007.