

Gabriel R. Munhoz 106802

João Vítor Batistão 108074

Trabalho sobre Sistemas de Controle

Maringá, PR

13.11.2021

Sumário

1	INTRODUÇÃO	2
2	CLASSIFICAÇÃO DE VARIÁVEIS	4
3	FUNÇÕES DE TRANSFERÊNCIA	6
4	DIAGRAMA DE BLOCOS	7
5	DINÂMICA DO PROCESSO - SOFTWARE XCOS	8
6	SIMBOLOGIA	9

1 Introdução

O trabalho realizado tem foco no estudo de um sistema de um tanque agitado com duas correntes de entrada, sendo uma de água pura e outra de solução aquosa de hidróxido de sódio, conforme a Figura 1. Será realizada a classificação das variáveis desse sistema, o desenvolvimento das funções de transferência do modelo do processo, a estruturação de um diagrama de blocos e a apresentação da dinâmica do processo utilizando o software Xcos.

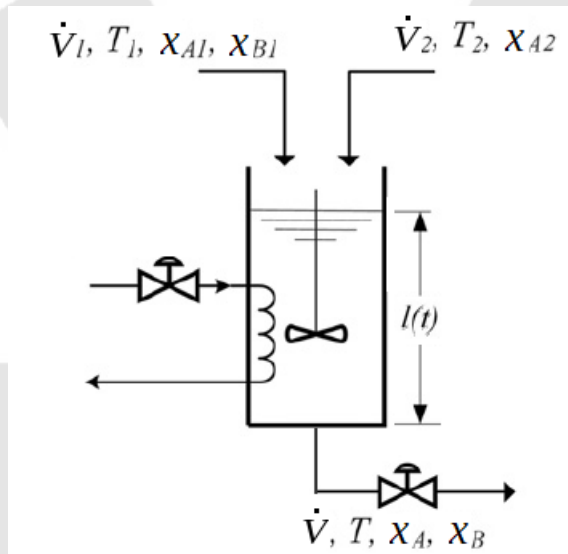


Figura 1 – Modelo do Tanque

A modelagem do sistema acima resultou no levantamento das seguintes hipóteses e equações:

- Mistura perfeita;
- Propriedades físicas constantes;
- Calor de mistura desprezível;
- Tanque isolado e \dot{W}_s é desprezível.

Balanco de Massa Global:

$$\frac{dl}{dt} = \frac{(\dot{V}_1 + \dot{V}_2 - \dot{V})}{A} \quad (1.1)$$

Balanco de Massa para Componente A:

$$Al \frac{dx_A}{dt} = \dot{V}_1(x_{A,1} - x_A) + \dot{V}_2(x_{A,2} - x_A) \quad (1.2)$$

Balanco de Massa para Componente B:

$$Al \frac{dx_B}{dt} = \dot{V}_1(x_{B,1} - x_B) + \dot{V}_2(x_{B,2} - x_B) \quad (1.3)$$

Balanco de Energia:

$$\bar{\rho} \bar{C}_p Al \frac{dT}{dt} = \bar{\rho} \bar{C}_p \dot{V}_1(T_1 - T) + \bar{\rho} \bar{C}_p \dot{V}_2(T_2 - T) + \dot{Q} \quad (1.4)$$

Com essa modelagem é possível classificar as variáveis do sistema e realizar os cálculos das funções de transferência para que possa ser verificado o impacto que cada variável de entrada possui no controle das variáveis de saída.

2 Classificação de variáveis

As variáveis do sistema podem ser classificadas como parâmetros, variáveis de entrada e variáveis de saída. A primeira classificação faz menção as variáveis que são estabelecidas como constantes do sistema, ou seja, durante as simulações elas sempre se mantêm as mesmas. As variáveis de entrada e saída no entanto, são aquelas que se alteram durante o percorrer do tempo e se diferem por serem variáveis das correntes de entrada ou da de saída.

Parâmetros:

- Área do tanque (A);
- Calor (\dot{Q});
- Densidade do líquido (ρ);
- Calor específico do líquido (C_p);

Variáveis de Entrada:

- Temperatura da corrente 1 (T_1);
- Temperatura da corrente 2 (T_2);
- Composição de água na corrente 1 ($x_{a,1}$);
- Composição de hidróxido de sódio na corrente 1 ($x_{b,1}$);
- Composição de água na corrente 2 ($x_{a,2}$);
- Composição de hidróxido de sódio na corrente 2 ($x_{b,2}$);
- Vazão de entrada da corrente 1 (\dot{V}_1);
- Vazão de entrada da corrente 2 (\dot{V}_2);

Variáveis de Saída:

- Altura do tanque (l);
- Vazão de saída do tanque (\dot{V});
- Composição de água na corrente de saída (x_a);

- Composição de hidróxido de sódio na corrente de saída (x_b);
- Temperatura da corrente de saída (T);

As variáveis de entrada são classificadas também como sendo variáveis de manipulação, já que por meio do seu manuseio é possível manipular as variáveis de saída do sistema. Essas últimas também podem ser chamadas de variáveis controladas pelo mesmo motivo.

Contudo, é importante entender que nem toda variável de entrada consegue manipular qualquer variável de saída, pois boa parte dessas variáveis se relacionam de maneira independente, e quando existe essa independência apenas com uma variável de entrada igual a de saída que é possível realizar manipulações. Como por exemplo a vazão, mesmo alterando a temperatura ou a concentração das correntes de entrada não é possível alterar a vazão de saída a menos que se altere a vazão de uma das correntes de entrada.

Em sistemas mais complexos é difícil entender o quanto a mudança de uma variável de manipulação implica na alteração de uma variável de controle. Para isso existem as funções de transferência, que conseguem definir o quanto uma variável depende da outra.

3 Funções de Transferência

As funções de transferência são funções que como já mencionadas anteriormente são capazes de demonstrar o quanto uma variável é dependente de outra. Essas funções são calculadas por meio da seguinte fórmula:

$$G(s) = \frac{\mathcal{L}[saída]}{\mathcal{L}[entrada]} \quad (3.1)$$

Variáveis de desvio:

$$x'_{a,1} = x_{a,1} - \bar{x} \quad (3.2)$$

$$x'_a = x_a - \bar{x}_a \quad (3.3)$$

$$\dot{V}'_1 = \dot{V}_1 - \bar{\dot{V}}_1 \quad (3.4)$$

$$\dot{V}'_2 = \dot{V}_2 - \bar{\dot{V}}_2 \quad (3.5)$$

Partindo do Balanço de Massa para o Componente A (1.2) e das equações de desvio acima listadas é possível realizar a linearização da mesma, resultado na seguinte equação:

$$Al \frac{dx'_A}{dt} = -(\bar{\dot{V}}_1 + \bar{\dot{V}}_2)x'_a + \bar{\dot{V}}_1 x'_{a,1} + (\bar{x}_{a,1} - \overline{oxa})\dot{V}'_1 + (\bar{x}_{a,2} - \bar{x}_a)\dot{V}'_2 \quad (3.6)$$

Aplicando La Place na equação 3.6 tem-se:

$$Alx_A(s) = -(\bar{\dot{V}}_1 + \bar{\dot{V}}_2)x_a(s) + \bar{\dot{V}}_1 x_{a,1}(s) + (\bar{x}_{a,1} - \overline{oxa})\dot{V}_1(s) + (\bar{x}_{a,2} - \bar{x}_a)\dot{V}_2(s) \quad (3.7)$$

Para compreender melhor o sistema é importante o cálculo das seguintes variáveis de saída: concentração do componente 'a' (x_a) e a altura (l), em relação as seguintes variáveis de entrada: vazão da corrente 1 (\dot{V}_1), vazão da corrente 2 (\dot{V}_2) e concentração do componente 'a' na corrente 1 ($x_{a,1}$).

$$\frac{l(s)}{V_1(s)} \quad \frac{l(s)}{V_2(s)} \quad \frac{x_A(s)}{V_1(s)} \quad \frac{x_A(s)}{x_{a,1}(s)} \quad \frac{x_A(s)}{V_2(s)} \quad (3.8)$$

Assim com a equação 3.7 que é uma função de transferência pode-se com manipulações matemáticas encontrar os valores das relações acima, e com esses valores é possível realizar a manipulação no software Xcos.

4 Diagrama de Blocos

Para melhor entendimento do fluxo de informações que ocorre no sistema o diagrama de blocos é muito importante, pois melhora a visualização do sistema e facilita a aplicação em softwares de simulação.

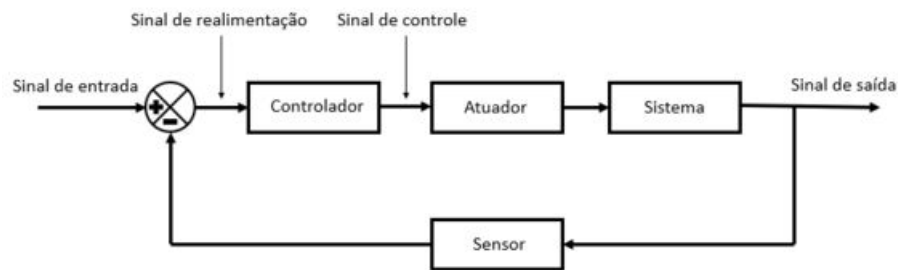


Figura 2 – Diagrama de Blocos

Nesse diagrama é possível notar que o sistema que será estudado é um sistema de malha fechada, visto que há um feedback do sensor que pode manipular alguma variável de entrada. Já em casos onde o sistema possui uma malha aberta não há o controle de uma variável por meio dos dados do sensor, esses dados são apenas utilizados para leitura, no diagrama de blocos isso seria fácil de identificar, se o sistema fosse de malha aberta não ocorreria a ligação do sensor com o controlador.

5 Dinâmica do Processo - Software Xcos



6 Simbologia

- Q - Calor - Unidade: kJ;
- \dot{Q} - Taxa de calor - Unidade: kW;
- C_p - Calor específico - Unidade: kJ/(kg*K);
- ρ - Densidade - Unidade: kg/m³;
- x - Concentração - Unidade: pu;
- V - Volume - Unidade: m³;
- \dot{V} - Vazão do líquido - Unidade: m³/s;
- A - Área - Unidade: m²;
- l - Altura - Unidade: m;
- T - Temperatura - Unidade: K;
- E_T - Energia total - Unidade: kJ;
- E_p - Energia potencial - Unidade: kJ;
- E_k - Energia cinética - Unidade: kJ;
- U - Energia interna - Unidade: kJ;
- H - Entalpia - Unidade: kJ/mol;
- m - Massa - Unidade: kg;
- \dot{M} - Vazão mássica - Unidade: kg/s;