



Universidade Federal de Minas Gerais

Departamento de Engenharia Eletrônica

ELT-039 Técnicas de Controle de Processos Industriais

Curso de Engenharia de Controle e Automação - 1o. semestre de 2014 - 02/04/2014

Profs. Guilherme V. Raffo

Prova 1 - 30 pontos

Nome: _____

Nota: _____

Questão 1. (5 pontos)

Problema 1. (20 pontos)

A figura 1 mostra um esquema de um reator de polimerização usado na indústria petroquímica.

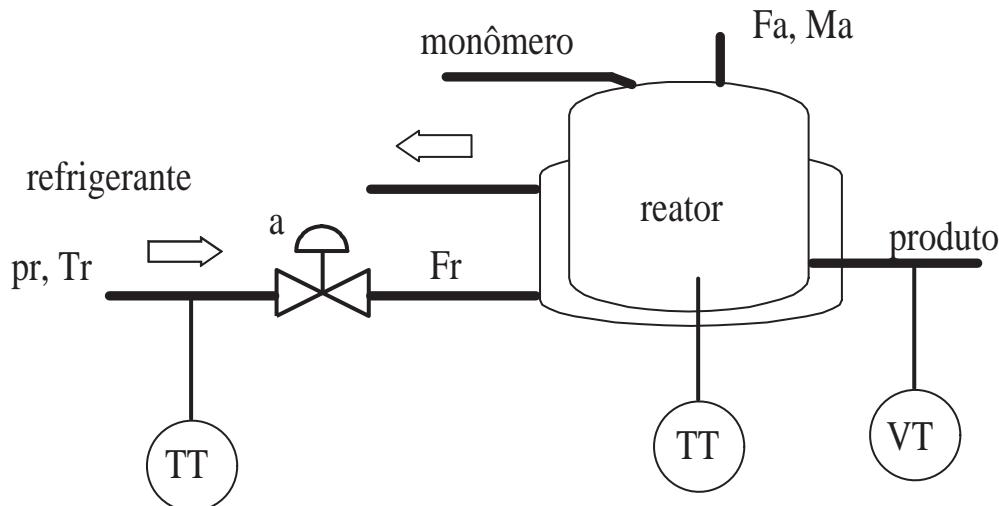


Figura 1: Reator de polimerização.

O reator é alimentado com um monômero e um agente e na reação se deve produzir um polímero com uma dada viscosidade (V). Esta viscosidade, que se mede com um sensor de viscosidade (VT) depende fundamentalmente de duas variáveis: a temperatura dentro do reator (T) e a fração molar do agente (M_a). Como a temperatura atua mais rapidamente sobre a viscosidade quando esta encontra-se perto do ponto de operação V_0 , esta é usada como variável de controle (variável manipulada). O modelo linearizado deste processo nas vizinhanças do ponto de operação é dado por:

$$V(s) = \frac{3.5}{(5s+1)(3s+1)}T(s) + \frac{0.5}{20s+1}M_a(s)$$

A temperatura do reator é controlada através de um fluido refrigerante, que circula pela camisa do reator com vazão F_r . Esta vazão se controla manipulando a abertura da válvula de refrigerante a . O modelo linearizado que descreve a relação entre T , F_r e a temperatura de entrada do fluido refrigerante T_r é dado por:

$$T(s) = \frac{-1.5}{3s+1}F_r(s) + \frac{0.3}{0.5s+1}T_r(s)$$

Finalmente, a vazão F_r , que se controla com a também é afetada pelas variações de pressão na linha de alimentação p_r , de acordo com o modelo:

$$F_r(s) = \frac{2.3}{0.02s+1}a(s) + 1.5p_r(s)$$

O objetivo do controle é manter a viscosidade no ponto de operação rejeitando as perturbações causadas pelas variações da carga (M_a), as variações de temperatura do refrigerante T_r e da pressão p_r (que são modeladas por sinais do tipo degrau). O sistema possui medidores da vazão e temperatura do fluido refrigerante, de temperatura do reator e de viscosidade, como se mostra na figura 1.

Deseja-se projetar e ajustar o sistema de controle de V utilizando somente as variáveis disponíveis para medição e atuação. O sistema em MF de V deve:

- i) ser capaz de rejeitar as perturbações em regime permanente de tipo degrau de T_r , M_a e p_r e atenuar o máximo possível os transitórios causados por elas;
- ii) ter respostas transitórias de V com tempo $t_{5\%} \leq 6 \text{ min}$ para mudanças de set-point de V .

Portanto, pede-se:

- a) Defina uma estrutura para o sistema de controle de V justificando todas as escolhas, isto é, explicando claramente quais os objetivos de cada controlador proposto. Neste sistema, considera-se que o sistema válvula-sensor de vazão está integrado (válvula inteligente), que possui uma estrutura de controle PI fixa e apenas podem ser passados os parâmetros do controlador K_c e T_i . **(12.5 pontos)**
- b) Defina os tempos de acomodação ($t_{5\%}$) em malha fechada para cada malha do sistema. **(2.5 pontos)**
- c) Faça o ajuste do controlador da malha de vazão para o tempo de acomodação definido no item (b). Quando necessário faça as devidas hipóteses. **(10.0 pontos)**
- d) **Bonus** Defina o período de amostragem para cada malha do sistema e discretize os controladores propostos utilizando a aproximação de Euler ($s = \frac{z-1}{T_s}$, sendo T_s o período de amostragem). Baseado nos controladores discretizados, escreva o código completo, isto é, definindo todos os passos e cálculos a serem realizados com todas as variáveis. **(6 pontos)**