

DESENVOLVIMENTO DE SIMULADOR PARA ANÁLISE DE TROCADORES DE CALOR COMO FERRAMENTA DE APOIO ÀS AULAS DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS

Autores

Adriano di Piero Filho

Orientador

Rubens Gedraite

1. Introdução

O processo de ensino-aprendizado somente se dá quando se observa uma real motivação do aluno pelo conhecimento (Vygotsky, 1993). Embora o método didático tradicional das palestras e apresentações puramente teóricas tenha sua efetividade, a participação do aluno no desenvolvimento dessas teorias mostra-se uma ferramenta que influencia diretamente em sua capacidade de abstrair os conceitos apresentados, pois é somente através da vivência que se alicerçam tais conceitos (Piaget, 1975).

A Universidade, como IES, tem por objetivo promover não apenas o desenvolvimento do aluno através de sua vivência didática, mas também de promover o espírito de investigação junto ao aluno, com grande importância dos projetos de Iniciação Científica para tal. Adicionalmente, cabe a Universidade sua inserção na comunidade, através da procura de soluções dos problemas tipicamente enfrentados pelos profissionais nos quais seus alunos irão se tornar.

Uma maneira efetiva de se criar conhecimentos é através do desenvolvimento de tecnologias modernas, que permitam ao aluno analisar seu problema e resolvê-lo da maneira mais eficaz possível. Nesta visão, o segmento de Automação Industrial mostra-se grande influenciador de tendências, visto que sua aplicação é fundamental para apoiar a produção e reduzir custos, principalmente na área de Controle de Processos. Ainda que os equipamentos propriamente ditos para se realizar este controle possam ser complexos e caros, ferramentas computacionais podem ser utilizadas com grande facilidade para simular a operação destes instrumentos, permitindo assim o contato mais próximo do aluno com situações reais da indústria.

A UNIMEP, através de seu programa de TGs e ICs permite que tais ferramentas sejam desenvolvidas com sucesso, através de todo o processo de modelagem matemática e de linguagem de programação, disciplinas inclusas em seu projeto de ensino. Estes trabalhos, uma vez desenvolvidos, podem então ser utilizados não apenas como forma de avaliação dos alunos que contribuiriam diretamente, mas também nas salas de aula, como ferramenta didática adicional disponível aos professores das áreas de Automação, Projetos e Operações Unitárias.

2. Objetivos

Desenvolvimento de modelos e algoritmos computacionais para simulação de controle e operação de trocadores de calor casco-tubo, para utilização como ferramenta didática em aulas de Operações Unitárias.

3. Desenvolvimento

1. Modelagem e Simulação de Processos Industriais: O que é, Para que serve ?

Para que o futuro profissional possa responder a questionamentos sobre quais são as modificações viáveis num processo, sobre como otimizar um dado processo, ou mesmo responder o que acontecerá com o processo se tal condição operacional for atingida, é necessário falar algo sobre modelos matemáticos. GARCIA (2005) conceitua modelo matemático como sendo o conjunto de equações matemáticas que representam a realidade física de um determinado sistema.

Os modelos matemáticos podem ser divididos em dois grandes campos: Modelos a parâmetros concentrados e modelos a parâmetros distribuídos.

Nos modelos a parâmetros concentrados não importa a distribuição espacial da grandeza a ser modelada no volume de controle adotado. Como exemplo, pode-se citar o caso de reatores químicos ideais, onde se assume que a concentração não muda, qualquer que seja a posição no interior do equipamento. Contrariamente, nos modelos a parâmetros distribuídos, a distribuição espacial é importante. A título de exemplo, cita-se o caso do perfil de variação de temperaturas ao longo de um trocador de calor casco e tubos.

2. Estudando o caso de um trocador de calor casco e tubos

Seja o caso de um trocador de calor do tipo casco e tubos utilizado para o aquecimento de ar atmosférico empregado na secagem de latex de PVC. Ar atmosférico frio, a 25°C , é alimentado por um ventilador industrial ao trocador de calor citado, a uma vazão de 5kg/s . Este ar é feito escoar no interior dos tubos que compõe o feixe tubular, recebendo o calor proveniente de água aquecida à 80°C que é alimentada com vazão de 50kg/s do lado da carcaça. Deseja-se determinar a temperatura de saída do ar após percorrer um trocador com 50m^2 de área. A figura 1 mostra um esquema ilustrativo típico de que se esta querendo estudar.

Saída Ar Entrada Vapor Saída Vapor Entrada Ar

Figura 1 – Trocador de calor casco e tubos típico

O modelamento matemático do trocador de calor casco e tubo está baseado nas seguintes equações:

(1)

(2)

(3)

onde:

W_q = vazão do fluido quente;

W_f = vazão do fluido frio;

c_p = capacidade térmica dos fluídos;

T_e = temperatura do fluido quente na entrada;

T_s = temperatura do fluido quente na saída;

T = temperatura do fluido quente;

t = temperatura do fluido frio;

A = área de troca térmica.

Com os modelos desenvolvidos, é possível se criar um algoritmo de processamento. Para este estudo,

decidiu-se pelo uso do MATLAB, disponível na UNIMEP. O código-fonte de tal algoritmo encontra-se no Quadro 1.

```
Código-Fonte do programa principal (l1ex2) %Trocador de calor casco-tubos clear all %Inicializa a sessão
%Declarando variáveis global U cpfq cpff wq wf; tq_e=80+273; %Temperatura do fluido quente na entrada
(K) tf_e=25+273; %Temperatura do fluido frio na entrada (K) U=0.5; %Coeficiente global de troca térmica
cpfq=0.8; %Capacidade calorífica do fluido quente cpff=0.9; %Capacidade calorífica do fluido frio wq=5;
%Vazão do fluido quente wf=50; %Vazão do fluido frio Aspan=[0 50]; %Área do tubo
[A,temp]=ode45('l1fex2',Aspan,[tq_e;tf_e]); %Cálculo da integral das temperaturas plot(A,temp)
xlabel('Área (m^2)'); ylabel('Temp. (K)'); legend('Tq','Tf'); Código-Fonte da função das
variações das temperaturas %----- %FUNÇÃO L1FEX2 %----- function temp=l1fex2(A,TS);
global U cpfq cpff wq wf; temp(1,1)=-U*(TS(1)-TS(2))/(wq*cpfq); %Variação da temperatura do fluido quente
temp(2,1)=U*(TS(1)-TS(2))/(wf*cpff); %Variação da temperatura do fluido frio
```

Quadro 1 - Algoritmo do trocador de calor em linguagem MATLAB

Com o algoritmo implementado, é possível variar-se os parâmetros do cálculo, a fim de se simular diferentes condições experimentais, permitindo ao aluno uma maior interatividade com o programa desenvolvido. Espera-se posteriormente o desenvolvimento de uma interface gráfica dinâmica, onde se possa alterar os parâmetros diretamente pela interface, melhorando-se assim a interação do aluno com o processo. Tal interface deverá ser programada na linguagem Visual Basic.

4. Resultados

A seguir encontram-se diversos resultados gráficos produzidos pelo algoritmo, ilustrando sua proposta didática. Pode-se perceber que, ao se alterar os parâmetros do trocador, o aluno irá visualizar e assim criar correlações entre estes e a resposta obtida pelo aparelho, fazendo-se cumprir a proposta dos algoritmos.

5. Considerações Finais

A partir do conceito de um trocador de calor e, através de equações e métodos de simulação por computador, foi possível construir e verificar o desempenho de um modelo matemático, sem a necessidade de construí-lo fisicamente. Caso se tivesse efetuado estes ensaios em trocador real, a resposta obtida deveria ser similar à encontrada neste trabalho, sendo possível, desta forma, a validação deste modelo.

Em última análise, tem-se condições de modelar, simular e controlar qualquer processo industrial, mas, conforme aumentam a complexidade e o número de variáveis do processo, torna-se cada vez mais trabalhosa e elaborada a resolução das equações e a implementação dos modelos nos computadores.

As perspectivas para a modelagem são amplas, o caminho é fascinante, e provavelmente, jamais se alcançarão seus horizontes, pois estes se situam tão distantes quanto as fronteiras da imaginação.

Referências Bibliográficas

GARCIA, C. Modelagem e Simulação de Processos Industriais e de Sistemas Eletromecânicos. São Paulo: EPUSP, 2005.

PIAGET, Jean. A equilibração das estruturas cognitivas. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

VYGOTSKY, L. S. Pensamento e Linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 1993.

Anexos

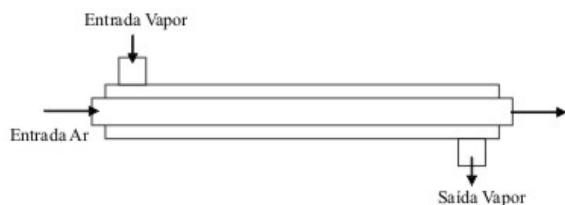


Figura 1

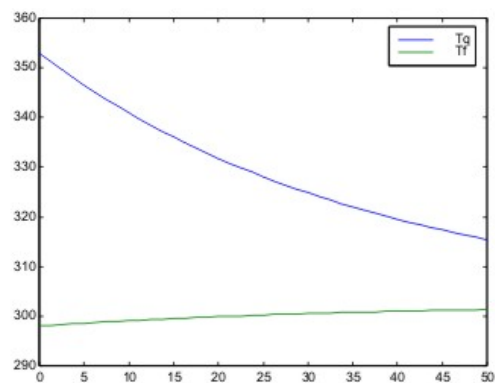


Figura 3

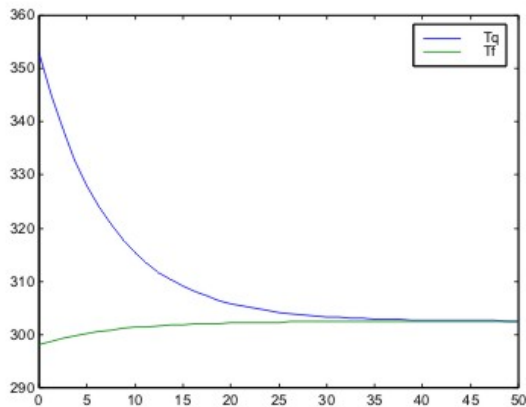


Figura 2

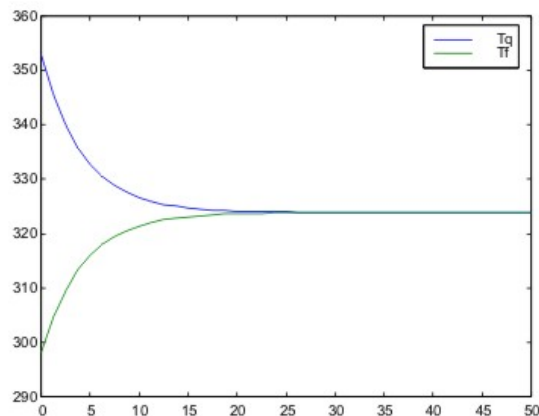


Figura 4

$$W_g \cdot c\bar{p}_g \cdot T_e - W_g \cdot c\bar{p}_g \cdot T_s = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$\frac{dT}{dA} = \frac{-U \cdot (T - t)}{W_g \cdot c\bar{p}_g}$$

$$\frac{dt}{dA} = \frac{U \cdot (T - t)}{W_f \cdot c\bar{p}_f},$$