

ATUALIZAÇÃO DO SOFTWARE MPINCH PARA SÍNTESE DE REDES DE TROCADORES DE CALOR UTILIZANDO ANÁLISE PINCH – FASE I

Isis de Oliveira Bortoluzzi (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Mauro Antonio da Silva Sá Ravagnani (Orientador), e-mail: massravagnani@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia /Maringá, PR.

Engenharia Química – Operações Industriais e Equipamentos para Engenharia Química

Palavras-chave: síntese de redes de trocadores de calor, análise pinch, python.

Resumo:

Neste projeto buscou-se atualizar para a linguagem de programação *Python* o software MPinch, devidamente registrado e desenvolvido por pesquisadores do Departamento de Engenharia Química da UEM, utilizando conceitos termodinâmicos e regras heurísticas da Análise Pinch para a síntese de redes de trocadores de calor. Utilizou-se a plataforma Qt Designer, uma interface gráfica do software *Python*. Por meio desta interface o usuário pode inserir as temperaturas das correntes, incluindo a possibilidade de conversão de unidades, e o programa apresenta a cascata de energia, o diagrama temperatura *versus* entalpia, com as curvas compostas frias e quentes, por meio das quais é possível verificar os valores das demandas das utilidades quente e fria. Os resultados obtidos foram condizentes com os publicados na literatura.

Introdução

O processo de aquecimento e resfriamento de um fluido numa indústria química é feito utilizando-se trocadores de calor. Se existe um certo número de correntes de processo e utilidades quentes e frias, será necessário um certo número de trocadores de calor, para satisfazer as necessidades térmicas de cada corrente. A este conjunto de equipamentos dá-se o nome de redes de trocadores de calor. O projeto desse sistema de troca térmica que ocorre entre as correntes de processo e utilidades é chamado de síntese da rede de trocadores de calor (RTC). Para se ter uma rede de trocadores de calor ótima, um problema de otimização deve ser formulado, visando minimizar o consumo de energia, resultante do emprego das utilidades e o custo envolvido com a construção e instalação dos equipamentos. Além disso, tem-se outros fatores complicadores como o número de correntes de processo, que pode ser grande em processos industriais, as propriedades físicas dos fluidos que podem variar com a temperatura, a possibilidade de mudança de fase nas correntes e os materiais de construção do equipamento, fatores estes que podem influenciar no custo global da rede. Linnhoff e Hindmarsh (1983) desenvolveram o método do ponto de estrangulamento energético, ou método *Pinch*, em que garante a obtenção de redes com a máxima recuperação de energia.

Gundersen e Naess (1988) apresentaram uma revisão dos principais trabalhos publicados à época sobre o tema, incluindo uma técnica de resolução em que a rede era sintetizada manualmente e interativamente, utilizando *Análise Pinch*. Trata-se de uma abordagem sequencial onde divide o problema em 3 subproblemas, a determinação do mínimo custo de utilidades, o mínimo número de trocadores de calor na rede e o mínimo custo de investimento da rede.

Materiais e métodos

A atualização do software Mpinch para a linguagem de programação Python foi desenvolvida em etapas. Primeiramente, foi necessário compreender o uso do programa Mpinch e encontrar as suas principais limitações, de maneira a evita-las durante o desenvolvimento da nova versão do software. A interface gráfica foi desenvolvida utilizando a ferramenta Qt Designer que está anexada à plataforma do Python (Fangohr, 2016). Foram desenvolvidas a plataforma de entrada dos dados, com a possibilidade de conversão de unidades, o procedimento de cálculo dos balanços de energia para os diferentes intervalos de temperatura das correntes e a confecção do diagrama temperatura versus entalpia (TH).

Primeiramente foi desenvolvido um algoritmo utilizando os conceitos da *Análise Pinch* para encontrar os valores de temperatura no ponto de estrangulamento energético, *Pinch Point*. Para isso foi necessário usar o procedimento tabular de Linnhoff, na qual a técnica consiste em dividir o problema em intervalos de temperatura e na geração de uma cascata de energia. De acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, a energia é transferida do intervalo de maior temperatura para o de temperatura inferior.

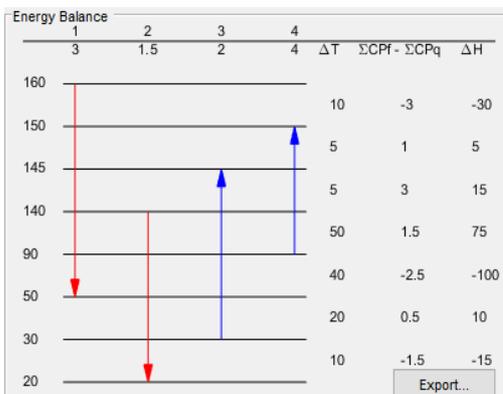
Resultados e Discussão

Um caso de estudo apresentado por Ravagnani e Caballero (2012) foi escolhido para testar a interface desenvolvida. A Tabela 1 apresenta os dados utilizados para o caso de estudo.

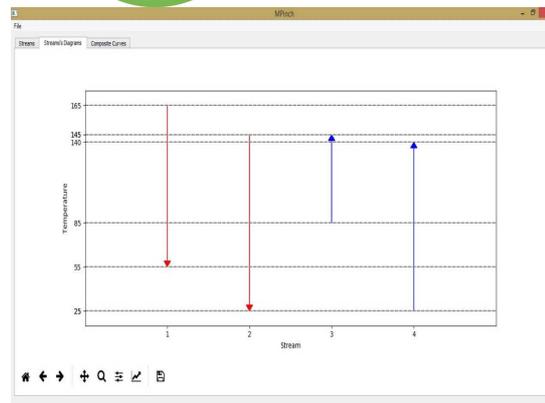
Tabela 1: Dados das correntes;

Corrente	T_{en} (K)	T_{sai} (K)	CP (J/K)
1 (fria)	20	135	2
2 (quente)	170	60	3
3 (fria)	80	140	4
4 (quente)	150	30	1,5

Na Figura 1 apresenta-se uma comparação entre a interface atual do programa Mpinch, desenvolvido em Matlab e a interface desenvolvida *Python*.



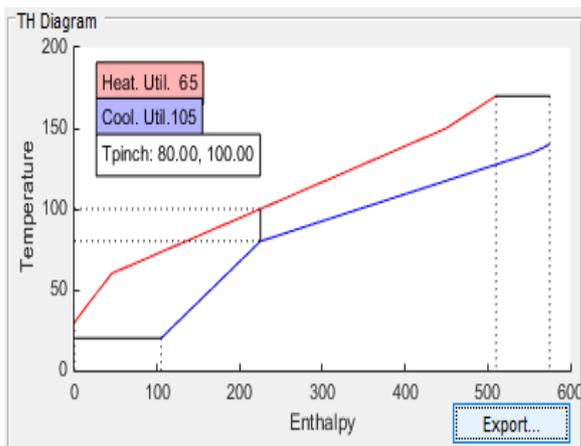
(a)



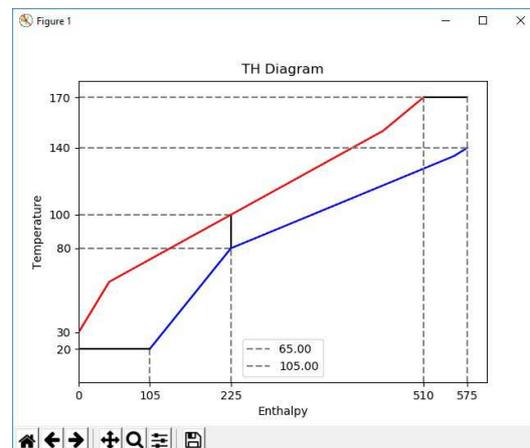
(b)

Figura 1 – Balanço de energia para os intervalos de temperatura; (a) Interface atual do software Mpinch utilizando Matlab (b) Interface utilizando Python.

Na Figura 2 apresenta-se o diagrama TH e as curvas compostas quente e fria, utilizando uma diferença mínima de aproximação entre as correntes (ΔT_{\min}) igual a 20°C.



(a)



(b)

Figura 2 – Diagrama TH; (a) Interface atual do software Mpinch desenvolvida em Matlab (b) Nova interface desenvolvida em Python.

Na figura 2 pode-se identificar o ponto em que as duas curvas compostas se encontram mais próximas uma da outra, denominado de ponto de estrangulamento energético (*Pinch Point*). Também é possível visualizar que o diagrama TH pode ser dividido em três regiões: i) a região central, na qual existe o calor em excesso nas correntes quentes e que pode ser transferido para suprir as necessidades térmicas das correntes frias; ii) a região à esquerda, na qual há somente a curva composta quente com a sua demanda de utilidades frias, que no caso em estudo tem o valor de 105 MW; iii) a região à direita, que tem a demanda de utilidades quentes igual a 65 MW para a curva composta fria.

Conclusões

Comparando os valores obtidos com a interface atual do programa *Mpinch*, desenvolvido em Matlab, pode-se concluir que os resultados foram condizentes e a utilização do *software Python* foi adequada. Para os futuros trabalhos sugere-se a continuação do desenvolvimento da atualização do software *Mpinch*, de forma a progredir na implementação da interface gráfica para o desenho da rede de trocadores de calor e realizar estudos de otimização.

Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa recebida para o desenvolvimento desse trabalho.

Referências

- FANGOHR, H. (2006) **Python for Computational Science and Engineering**. 1. ed. Nova York: Cambridge.
- GUNDERSEN, T. e and NAESS, L. (1988) **The synthesis of cost optimal heat exchanger networks: an industrial review of the state of the arte**. *Computers & Chemical Engineering*, New York, 12 (6), 503-530.
- LINHOFF, B. e HINDMARSH, E. (1983) **The Pinch Design Method for Heat Exchanger Networks**, *Chemical Engineering Science*, 38 (5), 745-763.
- RAVAGNANI, M. A. S. S, e CABALLERO, J. A. (2012). **Redes de Trocadores de Calor**. Eduem.