

IDENTIFICAÇÃO DE UMA COLUNA DE DESTILAÇÃO ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE UM ALGORITMO DE ANÁLISE DE COMPONENTES INDEPENDENTES (ICA)

Esley Silva Cavalcante(1), Luís Gonzaga Sales Vasconcelos(1)

1 Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Unidade

Acadêmica de Engenharia Química,

esley.cavalcante@eq.ufcg.edu.br; luis.vasconcelos@eq.ufcg.edu.br

Introdução

A destilação é um processo não estacionário, não-linear e multivariável. Neste sentido, escolher a técnica de controle adequada para processos com estas características é economicamente importante devido ao efeito controlador sobre a qualidade do produto, a taxa de produção e uso de energia (Gupta e Samanta, 2009).

O controle preditivo pertence a uma classe de algoritmos de controle que usa o modelo explícito para prever a resposta futura da planta. Deste modo, a precisão do modelo desempenha um papel importante no desempenho dos sistemas de MPC (Zuhua et al, 2010).

A análise de componentes independentes (ICA) é uma técnica de separação de sinais que se baseia no uso de estatísticas de ordem superior para estimar cada uma das fontes desconhecidas por meio de observações de diversas misturas geradas.

A proposta deste trabalho consiste na implementação de uma coluna de destilação na separação de propano e propeno em ambiente de simulação Aspen Plus e Aspen Dynamics e na identificação do modelo com os sinais separados através da utilização de um algoritmo de análise de componentes independentes (ICA), que consiste numa etapa fundamental para o projeto de implementação de um sistema de controle preditivo (MPC).

Metodologia

O presente trabalho é realizado com a utilização dos softwares Aspen Plus, Aspen Plus Dynamics e Simulink/Matlab. A coluna de destilação estudada é composta por 110 estágios, e refere-se a um processo para a separação de propano e propeno. Uma descrição mais detalhada pode ser obtida em Briggs et al (1971).

Uma mistura de hidrocarbonetos contendo 11,9 moles por hora de etano, 971,3 moles por hora de propileno, 311,7 moles por hora de propano, e 41,3 moles por hora de butano compõem a corrente de alimentação, a qual é introduzida no estágio 58 da coluna de destilação. As condições de operação adequadas são mantidas na coluna para manter uma temperatura máxima de cerca de 14,45° C e uma pressão de 7,82 atm no topo da coluna e uma temperatura de cerca de 27,2° C e pressão de 8,37 atm na base da coluna.

Sob estas condições, uma corrente de base da coluna é composta por 19,4 moles por hora de propileno, 275,5 moles por hora de propano, e 41,3 moles por hora de butano, enquanto a corrente de destilado é composta por 951,9 moles por hora de propileno, 36,2 moles por hora de propano e 11,9 moles por hora de etano, garantindo uma pureza de 95,19% em propileno na corrente de destilado.

Inicialmente implementou-se o a coluna de destilação no ambiente de simulação estacionário do software Aspen Plus e posteriormente exportou-se a coluna de destilação proposta do ambiente estacionário do Aspen Plus para ambiente de simulação dinâmica do Aspen Plus Dynamics (regime transiente).

A próxima etapa foi a obtenção do conjunto de dados que identificam o comportamento das variáveis do processo, após simultâneos sinais aleatórios de excitação serem aplicados.

Para isto, foi desenvolvido um diagrama de blocos no Simulink/Matlab em comunicação com o Aspen Plus Dynamics, sendo esta comunicação estabelecida utilizando o bloco “*AMSimulation*”, contido na sub-biblioteca do Simulink.

Avaliando as necessidades operacionais, escolheu-se quais as variáveis do processo de separação deveriam ser utilizados como variáveis controladas e manipuladas. As variáveis manipuladas foram a carga do condensador (MMKcal/h), a carga do refeedor (MMKcal/h), e as vazões das correntes de destilado, de base e de refluxo (Kg/h), enquanto as variáveis controladas foram a pressão no topo da coluna (atm), os níveis do condensador e do refeedor (m) e as temperaturas do topo e da base da coluna (°C).

O próximo passo foi a aplicação de perturbações sobre cada variável de entrada utilizando um tipo de sinal do tipo “*Uniform Random Number*”. Observou-se que a aplicação das perturbações sobre cada variável de entrada proporcionou também a geração de perturbações nas variáveis de saída, devido ao grande acoplamento entre as variáveis do processo, concluindo que tais variáveis de saída são ditos sinais de saída misturados, por terem em suas respostas grande influência das variáveis de entrada.

Deste modo, estes sinais de saída foram então processados através de um algoritmo de análise de componente independentes (ICA), com o objetivo de obter sinais de saída separados. Neste trabalho o algoritmo utilizado para efetuar a separação dos sinais é o fastICA. O fastICA é um algoritmo proposto por HYVARINEN e OJA (1997), que utiliza a negentropia como medida de não-gaussianidade, e baseia-se na iteração ponto-fixo que maximiza a não-gaussianidade do conjunto de variáveis.

Por fim, os dados de sinais de entrada, de sinais de saída misturados e as estimações referentes aos sinais de saída independentes feitas pelo fastICA puderam então ser utilizados para determinar as funções de transferências do modelo, através da identificação de sistemas utilizando a ferramenta denominada “*System Identification Tool*” do Matlab, ou simplesmente “*ident*”.

A proposta da análise do resultados foi inicialmente verificar o melhor modelo de ajuste para os dados de sinais de entrada e os dados dos sinais de saída misturados, e posteriormente encontrar o melhor modelo para a utilização dos sinais de entrada e os sinais de saída independentes fornecidos pelo fastICA, podendo comparar os resultados e obter o modelo que melhor representa o sistema.

Resultados e discussão

Analisando a simulação da coluna de destilação no Aspen Plus em estado estacionário, observou-se que os dados das correntes de retirada de destilado e na base da coluna de destilação foram semelhantes aos resultados propostos em Briggs et al (1971). Deste modo a simulação estacionária pode ser considerada como bem sucedida.

Após importar os sinais de saída misturados para o aplicativo fastICA e selecionar o método de ortogonalização e a função de não-linearidade, foram geradas as estimações referentes aos sinais de saída independentes.

A identificação do modelo inicialmente foi feita para os dados dos sinais de entrada e de saída misturados, onde diversos modelos foram avaliados a fim de obter o melhor ajuste para os dados. Deste modo, analisando o coeficiente de ajuste (Best Fits) após efetuar diversos testes de modelo alterando o número de pólos e zeros, o modelo de melhor ajuste foi do tipo “Função de Transferência” com 4 pólos e 2 zeros, com ajuste de apenas 42,81 %.

Posteriormente, a identificação do modelo foi feita para os dados de sinais de entrada e estimações de sinais de saída separados, de modo que foram avaliados o melhor método de ortogonalização, a melhor função de não-linearidade, e o melhor modelo de ajuste.

Analisando os coeficientes de ajuste para cada conjunto de estimações de sinais de saída independentes fornecidas pelo fastICA, verificou-se que a estimação de sinais de saída independente que obteve um melhor ajuste foi a que utilizou o método de ortogonalização do tipo “*Simetria*”, com função de não-linearidade do tipo “*Gaussiana*”, sendo o modelo de ajuste do tipo “*Função de Transferência*” com 4 pólos e 2 zeros, que obteve ajuste de 75,76 %.

Ao comparar os resultados dos modelos de ajuste para o uso dos sinais de saída misturados e para o uso dos sinais de saída separados, observa-se que o modelo para os sinais separados obteve um coeficiente de ajuste maior e melhor.

Conclusões

As simulações da coluna de destilação para a separação de propano-propeno em regimes estacionário e transiente efetuadas nos softwares Aspen Plus e Aspen Plus Dynamics, mostraram-se bem sucedidas, de modo que foi possível validar os resultados da simulação em regime estacionário com os dados de Briggs et al (1971).

A comunicação entre a simulação no Aspen Plus Dynamics e o diagrama de blocos criado no Simulink/Matlab possibilitou inicialmente a partir da aplicação do algoritmo de separação de sinais fastICA obter as estimativas dos sinais de saída separados, e posteriormente efetuar a identificação do modelo do sistema com os sinais misturados e com sinais separados.

Na identificação dos modelos, observou-se que o modelo obtido para o caso do uso dos sinais separados obteve um melhor coeficiente de ajuste, visto que para o caso de sinais de saída misturados, os sinais de saída sofrem ampla interferência de outras variáveis do processo devido ao forte acoplamento entre elas, enquanto no caso de sinais de saída separados a interferência foi reduzida com a aplicação do algoritmo de separação fastICA.

Com isto, conclui-se que a metodologia apresentada neste trabalho apresentou resultados satisfatórios, servindo como auxílio na identificação do modelo de sistemas, que consiste na primeira etapa do desenvolvimento de uma estratégia de controle preditivo (MPC), baseado na aplicação da técnica de análise de componentes independentes (ICA).

Palavras-Chave: Coluna de Destilação, Identificação, Análise de Componentes Independentes.

Referências

BRIGGS T. M; SEGERS V. H. **Separation of propane and propylene by distillation**, Patente 3,568,457, United States Patent Office, 1971.

CARMO, S. K. S; VASCONCELOS, L.G.S. **Desenvolvimento de estratégia de desacoplamento no controle de coluna de destilação usando a técnica de separação de sinais**. Tese de doutorado, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2015.

CAVALCANTE, E. S; VASCONCELOS, L.G.S. **Identificação de uma coluna de destilação na separação de propano-propeno**. I Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 2016.

SOURABH GUPTA, S. RAY, A.N. SAMANTA **Nonlinear control of debutanizer column using profile position observer**, Computers and Chemical Engineering 33 (2009) 1202–1211.