

Resumo

Esta tese são apresentadas e debatidas metodologias relacionadas com a modelização e simulação; processos químicos, aplicadas à operação de um evaporador industrial de duplo efeito utilizado numa refinaria de açúcar.

A constante evolução dos computadores digitais, a sua transformação em elementos cruciais nas áreas de modelização e simulação de processos industriais, e, sobretudo, o carácter verdadeiramente revolucionário desta evolução constituem o cenário ideal para a experimentação crítica de novas formas de utilização dos recursos computacionais disponíveis.

Na primeira parte do trabalho desenvolveu-se uma estratégia de simulação de estado estacionário, aplicada a evaporadores de múltiplo efeito, privilegiando o equilíbrio entre a utilização de modelos de primeiros princípios e a disponibilidade e precisão de dados experimentais. Os conceitos envolvidos foram implementados em dois simuladores de estado estacionário de estações de evaporação - EVAP2 e MULTEVA. De modo a obviar a dificuldade de estimação de coeficientes de transferência de calor, estes simuladores permitem a sua estimação a partir de dados de operação. As características termofísicas do licor a evaporar (e do vapor) são mantidas numa base de dados interligada aos simuladores, permitindo assim a aplicação dos simuladores a diferentes produtos.

A segunda parte do trabalho é constituída pela especificação, desenvolvimento e aplicação de uma metodologia, em tempo real, para a simulação da dinâmica e controlo de sistemas / processos de várias entradas, várias saídas, não-lineares, prototipizada no pacote MIMOSA¹). Algumas características que contribuem para o realismo conseguido com o protótipo incluem a simulação de atrasos puros (nas entradas e nas saídas), a sobreposição de ruídos às saídas do sistema e a capacidade de ligação do simulador a sistemas de controlo industrial através de cartas AD/DA ou a outros computadores através da porta série (RS232).

Na terceira parte do trabalho foi desenvolvido um modelo de estado não estacionário para evaporadores de múltiplo efeito, combinando relações fundamentais, estimativa de parâmetros (baseada no estudo anterior sobre o estado estacionário), e o recurso a regras heurísticas, numa discriminação implícita entre modelos e técnicas de modelização potencialmente aplicáveis. Ainda neste contexto, e após ensaios experimentais adequados à validação do modelo, foi efectuada a análise de sensibilidade do modelo às variáveis de operação.

Na quarta e última parte do trabalho, e com base no modelo não estacionário anteriormente apresentado, e nas características do protótipo MIMOSA, foram efectuados estudos de simulação de diversas alternativas de controlo, incluindo soluções clássicas (retroalimentação simples e em cascata), e baseadas em modelos - Modelo de Controlo Genérico (Generic Model Control, GMC), que obrigou à consideração de uma variante particular, e Controlo Predictivo Generalizado (Generalized Predictive Control, GPC).

Globalmente, desenvolveu-se e aplicou-se ao caso de estudo de evaporação em múltiplo efeito um conjunto de metodologias de análise de operação de processos industriais, visando a utilização de modelos de primeiros princípios, tornada efectiva e racional pela consideração das condicionantes de desenvolvimento e de aplicação, assim como das potencialidades computacionais disponíveis.

Abstract

This work addresses methods for model based process analysis and operation, applied to an industrial, double-effect evaporator in use on a sugar refinery.

The steady evolution of digital computers, its mutation into invaluable elements in the modelling and simulation areas, and particularly, the true revolutionary character of this evolution, establish the ideal framework for critic exploits of new ways to use the available computational resources.

The first part of the work develops a strategy for steady-state simulation, later applied to multiple-effect evaporators, favouring the balance between the use of first principle models, and the availability of information from experimental data. The concepts were implemented in two steady-state simulators - EVAP2 and MULTEVA. In order to avoid the burden (and difficulties) of estimating heat transfer coefficients, these simulators implement their estimation from operation data. Thermophysics properties of the evaporating liquor (and steam) are kept in a database attached to the simulators, thus enabling the usage of the simulators for different liquors.

The second part of the work is composed by the specification, development and practice of a real-time methodology for the simulation of the dynamics and control of multiple input, multiple output, non-linear systems, prototyped in the MIMOSA¹) package. Some characteristics that promote the realism attained by the prototype are the ability to simulate pure delays (in inputs and outputs), the superposition of noise to the outputs and the ability to be connected to industrial control systems via AD/DA cards or to other computers via serial ports.

The third part of the work describes a model for the transient behaviour of multiple-effect, evaporators, combining fundamental relations, parameter estimation (based on the previous study of the steady-state) and heuristic rules, constituting an implicit discrimination among modelling tools potentially applicable. Still in this context, experimental transient responses have been used to validate the model output and a sensitivity analysis of the model to operating variables has been performed.

In the fourth and last part of this work, based on the transient model presented before, and on the characteristics of the MIMOSA prototype, studies on control alternatives have been conducted, including traditional solutions (single-input, single-output feedback, cascade) and model-based strategies, viz - a variant of Generic Model Control (GMC), and Generalized Predictive Control (GPC).

Globally, this work develops and tests, against the case study of multiple-effect evaporation, a set of methodologies of operation analysis of industrial process, aiming at the use of first principle models,

made effective and wise by weighing the development / application constraints and the currently available computing power.