

O programa ThermoOptim®

O programa ThermoOptim (www.thermooptim.org) fornece um ambiente de modelização integrando de forma profundamente interconectada um editor de diagramas / tela esquemática (figura 1), diagramas interativos (figura 2), funções de simulação e um método de simulação baseado no método da compressão. Seu objetivo é duplo: facilitar e assegurar a modelização de tecnologias de conversão de energia.

Considerando que as tecnologias de conversão de energia se apresentam como um conjunto de componentes ligados entre si, o ambiente de modelização combina enfoque sistemático e enfoque analítico e /ou empírico clássico :

- cada elemento funcional é representado por um tipo primitivo de ThermoOptim apropriado (corpo, ponto, transformação, nó, trocador) que possua características próprias modificáveis e de variáveis de acoplagem;

- o sistema completo é modelado pela reunião dos seus tipos devido a uma interface interativa ;

- a simulação do sistema completo é, em seguida, gerado por um motor de recálculo automático que explora as propriedades sistêmicas implicitamente descritas no momento da modelização.

Ainda que tradicionalmente considere-se a termodinâmica como uma matéria árdua e o estudo de tecnologias energéticas como difícil, há uma considerável simplificação caso se comece a dissociar a representação global do sistema, geralmente bastante simples, do estudo de seus diferentes componentes considerados individualmente.

A representação do conjunto se revela muito útil no plano qualitativo : ela é visual e permite a boa compreensão do papel desempenhado por cada componente dentro do sistema completo. Sob o ponto de vista didático, ela é essencial para a melhor assimilação dos princípios de concepção destas tecnologias. Uma vez que se tenha compreendido a estrutura interna de um motor ou de um aparelho de refrigeração, o estudo do comportamento de cada um de seus componentes é facilitado porque sabe-se como inseri-lo no conjunto e qual a sua contribuição no funcionamento global.

Caso se tenha disponível um ambiente gráfico adequado como este do ThermoOptim, a estrutura interna do sistema pode ser descrita muito facilmente. Obtém-se, assim, uma representação qualitativa, muito simples para o engenheiro, restando para o mesmo somente a quantificação pela parametrização das propriedades termodinâmicas dos diferentes componentes e, em seguida, seus cálculos. Graças a esse princípio separando os aspectos qualitativos dos quantitativos, ThermoOptim permite aos seus usuários realizar facilmente o cálculo dos ciclos termodinâmicos, inclusive aqueles mais complexos, sem precisar escrever uma única equação ou programar uma linha de código se eles utilizarem os components pré-definidos dentro do núcleo do programa. Estes componentes, que podem ser qualificados como mono-funcionais visto que levam em consideração apenas uma forma de energia (mecânica ou térmica), permitem representar diversas tecnologias energéticas, porém não todas. Uma vez que estas tecnologias se utilizam de components multi-funcionais mais complexos (por exemplo um equipamento de dessorção de uma máquina de absorção de líquido), é possível de estender o núcleo de ThermoOptim pela adição de módulos externos escritos na linguagem Java, que definem, por sua vez, as equações e a interface gráfica. Estes elementos adicionais são carregados dinamicamente durante o lançamento do programa e são apresentados nas telas de forma transparente para o usuário como se fizessem parte do programa.

As funcionalidades de ThermoOptim fazem deste programa uma ferramenta particularmente bem adaptada ao estudo de ciclos termodinâmicos implementados dentro das tecnologias energéticas, permitindo assim que:

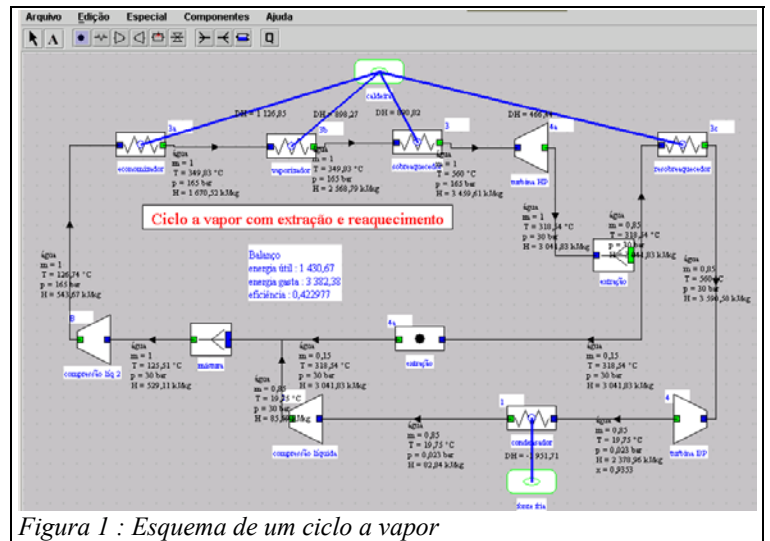


Figura 1 : Esquema de um ciclo a vapor

- motivar os iniciantes, evitando o desestímulo causado pelas dificuldades de cálculo, permitindo ainda o tratamento de exemplos complexos e realistas (este programa é utilizado em cerca de vinte estabelecimentos de ensino de nível superior) ;
- oferecer aos usuários avançados um ambiente de cálculo poderoso e convívil lhes permitindo construir visualmente modelos de diversos sistemas energéticos, desde os mais simples como um refrigerador até os mais complexos como centrais elétricas de ciclo combinado através da gaseificação integrada de carvão levando em consideração algumas centenas de elementos.

Não somente esse procedimento simplifica a etapa de modelização e facilita posteriormente a utilização e manutenção do modelo, mas sobretudo ela assegura sua construção automatizando o estabelecimento de acoplamentos entre diferentes elementos que o compõem e garantindo sua coerência.

Principais aplicações do simulador

Thermoptim permite calcular automaticamente o estado completo (temperatura, pressão, volume mássico, entalpia, energia interna, entropia, exergia, título) de diferentes fluidos, que podem ser gases ideais ou vapores condensáveis. Esses fluidos podem ser submetidos a diversas transformações :

- compressões e descompressões em sistema aberto ou fechado. Eles podem ser adiabáticos ou politróticos e são caracterizados pelo seu rendimento isentrópico ou politrótico ;
- combustões, elas também em sistema aberto ou fechado, à pressão imposta, volume imposto ou temperatura constante. O combustível pode ser introduzido na câmara de combustão separadamente do comburente ou ser pré-misturado. A dissociação do dióxido de carbono pode ser considerada ;
- reduções isentálpicas;
- trocas de calor com outros fluidos, o programa pode calcular o produto UA do coeficiente de troca térmica pela superfície do trocador para configurações de contracorrente, concorrente e correntes cruzadas ou do tipo (p-n).

Para representar as redes de fluidos sobre as quais se pode recorrer, define-se os nós, na prática de misturadores ou de divisores, assegurando a conservação do fluxo e da entalpia. Os outros elementos (compressores, retentores, câmaras de combustão, trocadores) podem ser facilmente conectados.

Desta forma, as misturas de fluidos podem ser realizadas, conduzindo à criação de corpos complexos, considerados como gases ideais. Thermoptim permite, em particular, tratar gases úmidos, misturas de um gás seco e de um vapor d'água suscetível a se condensar, e propõe seis tipos de transformação particulares a esse tipo de mistura (aquecimento, resfriamento, umidificação adiabática ou não, sopro, dessecação).

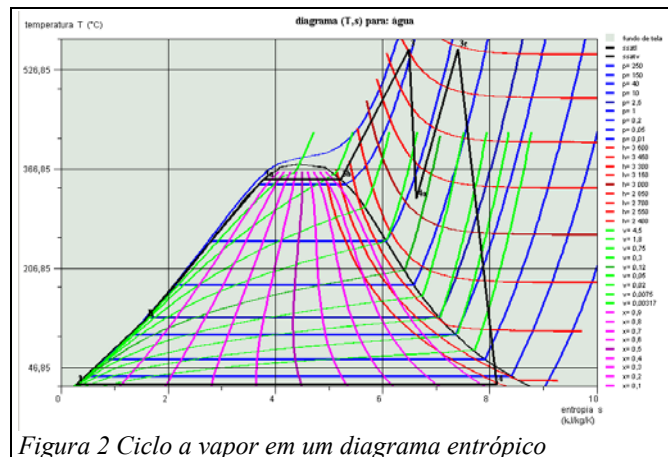


Figura 2 Ciclo a vapor em um diagrama entrópico

O programa possui uma base de dados de propriedades termodinâmicas das substâncias mais comumente encontradas na prática. O conjunto dos elementos que compõem o sistema estudado é reagrupado sob forma de projeto e pode ser facilmente manipulado devido à existência de interfaces apropriadas.

O simulador de Thermoptim calcula passo a passo os diferentes elementos de um projeto. Trata-se de um modo de cálculo sequencial, que o distingue de outros ambientes de modelização (matriciais) nos quais o conjunto das equações do problema é resolvido simultaneamente. Esse tipo de realização apresenta a vantagem de que é muito mais fácil calcular sucessivamente os elementos individualmente que de resolver o sistema completo de uma só vez. No entanto, ele induz a duas dificuldades : de um lado pode ser necessário realizar iterações dos cálculos algumas vezes para encontrar a boa solução, principalmente se o sistema é acoplado, e por outro lado para um projeto um pouco complexo, questiona-se em qual ordem os cálculos devem ser efetuados. Para solucionar essa última dificuldade, um conjunto de algoritmos foi desenvolvido. Conhecido como o *motor de recálculo automático* de

Thermoptim, ele é constituído de um elemento chave da versão Java do programa. Uma tela específica permite seguir as etapas do recálculo e de se assegurar assim da pertinência da modelização.

Mecanismo de extensão do núcleo pela adição das classes externas

A interface de Thermoptim com as classes (elementos de código Java) externos permite de facilitar a interoperacionalidade do programa com o exterior, sobretudo com outras aplicações desenvolvidas em Java. O interesse é duplo:

- poder, como indicado acima, realizar extensões de Thermoptim a partir de um núcleo comum. É assim que um usuário pode incluir seus próprios corpos ou componentes não disponíveis no núcleo ;
- poder controlar Thermoptim a partir de uma outra aplicação, seja para guiar um usuário (tutor inteligente) ou para controlar a execução de um código (controle ou regulação, acesso às bibliotecas termodinâmicas).

GICQUEL R., Systèmes Energétiques, Tomes 1 et 2, Presses de l'Ecole des Mines de Paris, février et novembre 2001.

Contato : renaud.gicquel@ensmp.fr