

JUAN CARLOS BURBANO JARAMILLO

**OTIMIZAÇÃO EXERGOECONÔMICA DE SISTEMA TETRA-
COMBINADO DE TRIGERAÇÃO**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Engenharia

São Paulo
2011

JUAN CARLOS BURBANO JARAMILLO

**OTIMIZAÇÃO EXERGOECONÔMICA DE SISTEMA TETRA-
COMBINADO DE TRIGERAÇÃO**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia Mecânica

Orientador:
Prof. Dr. Silvio de Oliveira Jr.

São Paulo
2011

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de junho de 2011.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Burbano Jaramillo, Juan Carlos

Otimização exergoeconômica de sistema tetra-combinado de trigeração / J.C. Burbano Jaramillo. Edição revisada -- São Paulo, 2011.

217 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Cogeração de energia elétrica (Otimização) 2. Absorção 3. Refrigeração 4. Algoritmos genéticos I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica II. t.

A meus filhos: Alejandra e Juanka

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Silvio de Oliveira Jr, pela orientação e confiança para o desenvolvimento desta tese. Por aceitar o esquema de trabalho, de tal forma que a minha família (esposa e filhos) conseguiu passar um bom tempo junto comigo nesta caminhada. Pela amizade ao longo dos anos.

À Cristina, minha esposa, pela compreensão, amor e carinho e por estar à frente e cuidado da casa e os filhos nestes últimos anos.

À minha mãe, Isaura Jaramillo, pelo carinho e o exemplo durante toda a minha vida. Aos meus irmãos, pelo suporte nesta experiência incrível.

Ao amigo Luiz Pellegrini, pelas suas idéias para o desenvolvimento e melhoramento deste trabalho. Por mostrar as dicas na programação no EES. Sem dúvida os aportes feitos por Luiz foram muito valiosos.

A los compañeros y amigos colombianos del laboratorio a mi llegada, Héctor Iván Velásquez Arredondo y Carlos Humberto Mora Bejarano, pasamos tan bueno, que después dijeron que casi no acaban sus respectivas tesis por mi culpa. Hoy, son Profesores en universidades colombianas.

Aos colegas e amigos do laboratório nos recentes anos: Julio, Cadu e Roberto, com quem fizemos do laboratório um lugar de boas discussões acadêmicas. Aos amigos da pós-graduação na área: Marcelo, Christian, Gandolfi, Amaury e Cyro.

Aos amigos que achei em São Paulo, com quem compartilhei muitos momentos, muitas discussões e muita cerveja: a Carmen, o Fernando, o Erico, o Matheus, o Miguel, a Natalia, o Pablo, o Diego, o José, o Rubén e muitos outros, a lista seria interminável.

Aos Professores que contribuíram a minha formação: Dr. Otavio de Mattos Silves, Dr. Jurandir Itizo Yanagihara, Dr. José Roberto Simões Moreira e Dr. Guenther C. Krieger Filho.

Aos Professores que fizeram parte da banca da Qualificação e contribuíram com as suas sugestões para o aperfeiçoamento do trabalho: Dr. Alberto Hernandez Neto e Dr. Flávio Augusto Sanzovo Fiorelli.

Aos Professores e amigos da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica de Pereira, pelo apoio durante os meus estudos no Brasil.

Enfim, a todos os amigos, colegas e familiares que de um ou outro jeito me apoiaram e/ou contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A energia é o maior contribuinte para os custos de operação de uma indústria, portanto, estudos para melhoria da eficiência dos sistemas que utilizam alguma fonte de energia são indispensáveis. O presente trabalho tem por objetivo a obtenção de configurações ótimas para satisfazer demandas de eletricidade e cargas térmicas de aquecimento e refrigeração a partir de uma fonte primária de energia, avaliando o impacto dessas nos custos de produção de eletricidade, vapor e água gelada. Estes tipos de sistemas são conhecidos como sistemas de trigerção. A avaliação de desempenho dos sistemas de trigerção é conduzida através da aplicação da análise exergética e exergoeconômica das alternativas propostas para a determinação do rendimento exergético e custos em base exergética de produção de utilidades desse tipo de sistema.

Após apresentar uma breve discussão sobre o uso eficiente e racional de energias primárias e mostrar um panorama da situação para a aplicação de sistemas de trigerção para satisfazer demandas energéticas na indústria e o setor terciário, são descritas diferentes tecnologias envolvidas neste tipo de sistemas e algumas configurações propostas por vários pesquisadores nos anos recentes. O trabalho mostra o impacto das tecnologias de trigerção nos custos em base exergética dos produtos: eletricidade, vapor para processo e água gelada. Sistemas de refrigeração por absorção de efeito simples, duplo efeito e o sistema híbrido de absorção/ejeto compressão são analisados, como parte do estudo dos sistemas de trigerção. Diversos sistemas de trigerção, incluindo o sistema tetra-combinado, são comparados satisfazendo demandas energéticas para três aplicações diferentes: indústria de laticínios, hospital e indústria de bebidas. As configurações em estudo são otimizadas usando o método de algoritmo genético.

Os resultados mostram que o sistema de refrigeração híbrido de absorção/ejeto compressão é uma boa alternativa para a produção da água gelada porque o coeficiente de desempenho (COP) e a eficiência exergética são maiores do que no sistema de refrigeração por absorção de efeito simples. Observando o impacto na formação dos custos de conversão de energia para os sistemas de trigerção propostos, os sistemas que utilizam unidade de refrigeração por absorção de duplo efeito são os que apresentam menor impacto. O sistema tetra-combinado apresenta um menor impacto quanto comparado com o ciclo combinado com unidade de refrigeração por absorção de simples efeito. O consumo de combustível e a destruição de

exergia dos diferentes sistemas são refletidos nos custos em base exergética dos diferentes produtos. A otimização com algoritmos genéticos mostrou ganhos importantes nos custos em base exergética dos produtos, mediante a maximização da eficiência exergética dos diferentes sistemas de tri-geração. O método dos algoritmos genéticos mostra-se como um método robusto para a otimização de sistemas de conversão de energia, mesmo que exija um grande esforço computacional.

Palavras-chave: Exergia. Exergoeconomia. Refrigeração por absorção. Tri-geração. Otimização. Algoritmos Genéticos.

ABSTRACT

Energy is the largest contributor to operating costs of any industry; therefore, studies for improving systems efficiency that use some energy source are essential. This work aims to obtain optimal configurations in order to satisfy required demands for electricity and thermal loads for heating and cooling from a primary source of energy, evaluating the impact of the electricity, steam and chilled water production costs. These types of systems are known as trigeneration systems. The performance evaluation of trigeneration systems is carried out by the application of exergy and exergoeconomic analysis of the proposed alternatives in order to determine exergy efficiency and exergy based costs on production of this type of system utilities.

After presenting a brief discussion about efficient and rational use of primary energies and an overview of situation for trigeneration systems application, various technologies involved in this type of systems and some configurations proposed by several authors are described. This research shows the impact of trigeneration technologies in exergy-based costs of products: electricity, steam process and chilled water. Absorption refrigeration systems of simple effect, double effect and the hybrid absorption/ejecto compression are analyzed, as part of the trigeneration systems study. Several trigeneration systems, including the tetra-combined system, are compared with each other, satisfying energetic demands for three different applications: a dairy industry, a hospital and a drinks industry. The configurations in study are optimized using the Genetic Algorithm method.

The results show that the hybrid absorption/ejecto compression refrigeration system is a good alternative for chilled water production due to that the coefficient of performance (COP) and the exergetic efficiency are higher than simple effect absorption refrigeration system. Observing the impact in the formation of the energy conversion costs for trigeneration systems proposed, the systems that use a double effect absorption refrigeration system presents the less impact. When tetra-combined system is compared with the system using a simple effect absorption refrigeration system, the results show a reduction in the impact of costs formation. The fuel consumption and exergy destruction of the different systems is reflected in the exergy based costs of the different products. The optimization with genetic algorithms shown important profits in the exergy based costs of products, by means of the exergetic efficiency maximization of the different trigeneration systems. The genetic

algorithm method is a robust method for energy conversion systems optimization, even that it demands a great computational effort.

Keywords: Exergy. Exergoeconomics. Absorption refrigeration. Trigeneration. Optimization. Genetic Algorithms.

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

