

P88 – Desenvolvimento de um protótipo para Produção de Ar Comprimido, Água Gelada e Água Quente a partir da Utilização do Gás Natural - Ciclo P&D 2009/2010

Prof. Dr. José Aquiles Baesso Grimoni¹, Dr. Marcelo da Silva Rocha², Dr. Gustavo de Andrade Barreto³, Thyago Reynaldo José Miranda⁴, Thiago Suter⁵

1 PEA/EPUSP
2 IPEN/USP
3 IEE/USP
4 PME/EPUSP
5 PRO ENERGY

Resumo – Este relatório apresenta o desenvolvimento e os resultados obtidos no projeto de pesquisa e desenvolvimento que teve como objetivo principal desenvolver a modelagem do sistema, a partir da otimização do modelo, com base na seleção dos vários componentes do sistema, especificação e elaboração do projeto conceitual da unidade, construção, teste e avaliação de um protótipo para produção de ar comprimido, água gelada e água quente baseada na utilização do gás natural, com financiamento da Comgás. No protótipo, a geração de ar comprimido é realizada por meio de um motor de combustão interna (MCI) a gás natural (GN), modelo Caterpillar de 90 kW de potência, que movimentada diretamente um compressor de parafuso rotativo. A potência térmica dos gases de combustão é recuperada e utilizada para a produção de água gelada em um chiller de absorção amônia-água comercial de 17,6 kW (5TR ou 60.000 Btu/h) de capacidade, adaptado para receber energia térmica por meio de óleo aquecido pelos gases de exaustão do motor, e para a produção de água quente em um recuperador de calor subsequente. A aplicação do sistema foi idealizada para clientes que tivessem utilização para os 3 produtos principais (ar comprimido, frio e calor) e foi testado como prova conceitual nas dependências da empresa executora mediante provimento de GN pela Comgás.

Palavras-chave: protótipo; ar comprimido; gás natural; água quente; água gelada

Introdução

Este relatório visa apresentar o desenvolvimento e os resultados obtidos em um projeto de pesquisa e desenvolvimento para construção, teste e avaliação de um protótipo para produção de ar comprimido, água gelada e água quente a partir da utilização do gás natural, com financiamento da Comgás no âmbito do ciclo de P&D 2009-2010.

O objetivo foi desenvolver a modelagem do sistema a partir da seleção de seus componentes, sua otimização, especificação e elaboração do projeto conceitual da unidade.

O projeto, portanto, consiste em projetar e montar um protótipo de uma pequena central de cogeração para a produção simultânea de ar comprimido, água quente e água gelada. O projeto visa proporcionar uma unidade de cogeração com fator de utilização de energia, FUE, superior a 60%. As vantagens para seus

usuários são as reduções significativas de custos, demanda e consumo de energia elétrica na compressão de ar, produção de água quente e água gelada.

O estágio atual de construção do protótipo da central de cogeração compreende a finalização da montagem das bombas de água e de óleo, das instalações hidráulicas de água e de óleo e na instalação dos instrumentos de medição. As próximas etapas compreenderão os testes preliminares de ajustes de vários componentes do sistema e a instalação definitiva do protótipo em uma planta para a realização dos testes finais.

Desenvolvimento

Foi realizado um estudo preliminar sobre o ar comprimido, evidenciando sua aplicação, seus benefícios e seus meios de produção, tratamento e distribuição. Em seguida, estudou-

se a Central de Cogeração. Foram estudados o motor de combustão interna a gás natural da Caterpillar, modelo G3304, o compressor Kaeser M121 e o ciclo de absorção considerando o Chiller por absorção da Robur, modelo ACF60-00.

Finalmente, foi feito um estudo sobre a viabilidade econômica da aplicação do projeto, considerando três possíveis cenários. Para explorar melhor a viabilidade do projeto, este relatório traz o estudo econômico de três opções do projeto, as duas primeiras considerando a operação do sistema a gás natural durante todo o dia e a terceira considerando a operação do sistema a gás natural somente em horário de ponta, quando a energia elétrica custa mais caro.

A diferença entre as duas primeiras opções consiste no fato de a primeira opção ser considerado o pagamento à vista e na segunda opção tendo 90% da instalação financiada pelo BNDES por cinco anos. A primeira opção nos dá um tempo de retorno de aproximadamente 8 anos e 11 meses. A segunda opção nos dá um tempo de retorno de aproximadamente 7 anos e 3 meses. A terceira opção apresenta uma elevação de custo que pode ser explicada pelo gasto de manutenção, que como deve ser feito para os dois sistemas, parcialmente elétrico e parcialmente a gás, aumenta o valor gasto para manter o projeto funcionando durante cada ao fazendo com que não seja viável manter os dois sistemas operando juntos, mesmo para utilizar o sistema a gás natural somente no horário de ponta.

Resultados

O projeto executado difere do inicialmente concebido devido à adequações e aperfeiçoamentos realizados ao longo do processo de implementação. O projeto foi executado sobre uma plataforma transportável que também compreendia a estrutura de sustentação dos componentes elevados, como os trocadores de calor, o reservatório e bombas de água quente circulante e as calhas de fiação elétrica. A modularidade oferecida por esta montagem propicia a possibilidade de instalação rápida em clientes industriais, como aconteceu com a empresa “A. Azevedo”, onde o protótipo esteve montado por algum tempo.

Na figura 1 podemos observar os trocadores de calor na parte superior, logo abaixo do reservatório de água quente circulante. Do lado esquerdo da imagem, há a conexão do fornecimento de GN proveniente de caminhão da Comgás necessário para a operação do

protótipo no local da executora. O motor Caterpillar (cor mostarda), o compressor de ar acoplado e o reservatório de regulação de pressão de ar (ambos em preto) também podem ser vistos na figura 1. O protótipo difere do inicialmente concebido devido à adequações e aperfeiçoamentos realizados ao longo do processo de implementação. A seguir será apresentada a execução do projeto, as adequações necessárias e as razões que levaram às mudanças no conceito original.



Figura 1 – Vista da configuração final do protótipo em operação.

O sistema de instrumentação foi elaborado a partir dos pontos de interesse científico onde foram instalados sensores para diversas grandezas físicas (temperatura, pressão, umidade, vazão, etc) cujos sinais eram interpretados por um microcontrolador dedicado. Este microcontrolador podia ser consultado assincronamente a respeito de qualquer sensor do protótipo por meio de uma conexão serial RS485 e do protocolo ModBus.

O armazenamento das informações era realizado no computador que rodava o supervisório do protótipo. A taxa de amostragem é programável no supervisório e foi definida como uma leitura simultânea de todos os sensores a cada 10 segundos. Dada a inércia das grandezas envolvidas, houve uma clara superamostragem, porém tal procedimento propiciou uma maior confiabilidade aos dados armazenados, possibilitando inclusive a identificação e correção de erros de transmissão por pós-processamento.

O microcontrolador e a eletrônica de condicionamento dos sinais foram montados

em painel próprio para se evitar perturbações elétricas de outros circuitos e a comunicação, implementada em sinalização física RS485, era feita diretamente pelo software supervisor. O programa supervisor pictórico, criado para este projeto, além de apresentar na tela as informações em tempo real (10 segundos, programável), é também responsável pelo armazenamento das informações em formato de arquivo compatível com o software Excel. A tela do software supervisor traz o diagrama do sistema completo onde podem ser verificadas as grandezas medidas no momento. Nesta versão não foram implementadas funções de controle do protótipo como partida ou parada, controle de operação das bombas ou outras intervenções, opções que chegaram a ser consideradas.

Conclusões e Contribuições

A partir das análises realizadas, pode-se concluir que a segunda opção (Operação com gás natural em horário de ponta e fora de ponta com financiamento de terceiros) é a mais economicamente viável, pois é a que apresenta o menor tempo de retorno para o investimento realizado.

Principais Referências

BOSCH, 2008. "Tecnologia de Ar Comprimido" www.bosch.com.br/br/ferramentas_pneumaticas. Acessado em 26/07/2010.

CABANO ENGENHARIA, 2010. <http://www.cabano.com.br/compressores.htm>. Acessado em 23/07/2010

KAESER, 2012. http://www.kaeser.com.br/Products_and_Solutions/Reciprocating_compressors/Boosters/schema.asp. Acessado em 13/03/2012.

LEDA Neto, A. J. "Compressores Industriais" – Trabalho de Especialização. Pós Graduação em Engenharia de Controle e Automação – UGF. Manaus. 2008.

MARQUES, C. A.; DIAS, J. S. "Compressores" Curso de Engenharia Industrial Mecânica – Manutenção de Equipamentos Rotativos – CEFET-BA. Salvador. 2008

METALPLAN, 2008. "Manual de Ar Comprimido". 3ª edição.

SCHMIDT, 2010. "Revista Hobbylink" <http://www.hobbylink.com.br/assinant/duvidas/duvidas.php?cat=Motores>. Acessado em 14/12/2010.

PILÃO, N. E.; HUMMEL, P. R. V. "Matemática Financeira e Engenharia Econômica - A teoria e a prática da análise de projetos de investimentos", 2003, 1ª edição. Editora Cengage Learning