

P68 – Produção Combinada de Energia Eletromecânica, Água Quente e Gelada por Ciclo de Absorção Amônia – Água Usando as Tecnologias de Microturbina e Motor de Combustão Interna a Gás Natural - Trigeração - Ciclo 2008/2009

Marcelo da Silva Rocha¹, Felipe Canineo Preter¹, Eli Wilfredo Zavaleta Aguilar¹, Thyago Reynaldo José Miranda¹

1 SISEA USP

Resumo – Este relatório apresenta o desenvolvimento e os resultados obtidos do projeto de pesquisa e desenvolvimento que teve como objetivo principal a construção e teste de duas configurações de um sistema de trigeração de energia eletromecânica de pequeno porte com financiamento da Comgás no âmbito do ciclo de P&D 2008-2009. Os testes foram realizados nas duas configurações de sistemas de trigeração com diferentes equipamentos de geração de energia elétrica a partir da combustão do gás natural, comumente utilizados no mercado: um sistema utilizando uma microturbina a gás (30 kW - ISO) e um sistema utilizando um motogerador a gás natural (28 kW). Cada sistema de trigeração foi constituído, também, de uma caldeira de recuperação de calor para o aproveitamento de parte da energia térmica dos gases de combustão para a produção de água quente e de um chiller de absorção do tipo amônia-água (5 TR) para o aproveitamento de outra parcela da energia térmica dos gases para a produção de água gelada. O relatório apresenta as conclusões acerca da utilização desta técnica de autoprodução de formas de energia com trigeração, principalmente no estado de São Paulo, mas que se aplica no Brasil como um todo.

Palavras-chave: sistema de trigeração, microturbina, motogerador, energia térmica, energia elétrica

Introdução

O projeto teve como objetivo principal a avaliação de um sistema de trigeração para produção de eletricidade, produção de energia térmica para ar condicionado (água gelada) e energia térmica para aquecimento (água quente), utilizando duas tecnologias distintas de produção de energia elétrica, a partir da combustão do gás natural: uma turbina a gás e um motogerador a gás. Para a produção de água quente foi utilizada uma caldeira de recuperação de calor e, para a produção de água gelada foi utilizado um chiller de absorção tipo amônia-água. Foram determinados os indicadores técnico-operacionais fundamentais das duas configurações do sistema de trigeração, além da comparação entre elas, visando sua aplicação em sistemas de autoprodução de formas de energia com trigeração.

O projeto iniciou com uma revisão do estado da arte crítica sobre a técnica de cogeração e formas de energia utilizando diversas tecnologias de termogeração de energia elétrica e de tecnologias para o reaproveitamento da energia térmica dos gases

de combustão para a produção de outras formas de energia. Numa segunda etapa, foi realizado o projeto do sistema de trigeração que foi construído e testado, levantando-se todos os equipamentos necessários para a montagem, operação e medições do mesmo, além dos custos. Na terceira etapa foi feita a montagem e os testes preliminares para ajuste do sistema de trigeração utilizando a microturbina a gás. Na quarta etapa foi feita a montagem, testes preliminares e testes finais do sistema de cogeração utilizando-se o motogerador a gás para o levantamento dos parâmetros técnicos. Posteriormente, são apresentadas as conclusões e recomendações finais do estudo feito. O projeto alcançou pleno êxito quando comparadas as metas e objetivos propostos e os alcançados.

Desenvolvimento

Como mencionado anteriormente, o desenvolvimento e a metodologia deste projeto podem ser subdivididos em quatro grandes tópicos para um melhor entendimento. Tais tópicos são apresentados a seguir.

REVISÃO DO ESTADO-DA-ARTE

O levantamento e revisão da bibliografia técnica e científica sobre sistemas de cogeração, trigerção e componentes que os compõem foi realizado, praticamente, durante todo o período do projeto de pesquisa. Foram obtidos e selecionados mais de 100 documentos entre artigos técnicos, manuais, relatórios técnicos e notas técnicas sobre cogeração de energia utilizando-se microturbinas, motor de combustão interna e chiller de absorção. Os artigos técnicos foram obtidos utilizando-se a base de dados científica disponibilizada pela USP através de programas institucionais específicos como o programa "Portal de Periódicos" da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

PROJETO DO SISTEMA DE TRIGERAÇÃO

Os testes experimentais realizados neste projeto de pesquisa com o sistema de trigerção de formas de energia foram divididos em duas fases: a primeira fase na qual testou-se a configuração usando a microturbina a gás e a segunda fase na qual testou-se a configuração usando o motogerador. De uma forma geral, a metodologia aplicada às duas fases dos testes é a mesma, embora, para cada configuração testada, alguns procedimentos tenham sido alterados.

MONTAGEM E TESTES PRELIMINARES UTILIZANDO A MICROTURBINA A GÁS

Com a configuração usando microturbina a gás, foram realizados 8 testes, sendo que, cada teste durava em torno de 2 horas, entre preparação e finalização. Entretanto, somente 5 testes foram utilizados para análise do sistema de trigerção devido a algum problema de medição ou de aquisição dos dados. Para os testes com a microturbina a gás ficaram estabelecidas duas condições operacionais ou dois níveis de potência a serem testados: uma condição com potência parcial de 50% da potência total da microturbina (ISO) e uma condição com a máxima potência fornecida pela microturbina.

MONTAGEM E TESTES PRELIMINARES UTILIZANDO O MOTOGERADOR A GÁS

Na segunda etapa dos testes, usando motogerador a gás de 24,8 kW (ISO), foram realizadas três baterias de testes com o

sistema: uma com carga parcial de 9 kW, uma com carga parcial de 18 kW e uma bateria com carga máxima atingida pelo motogerador a gás operando nas condições locais, que no caso foi de 21 kW. Foram programados 20 testes no total: 1 teste sem carga, 9 testes com carga parcial e 10 testes com carga máxima, mas alguns dos testes programados foram descartados em função da constatação de problemas do sistema durante sua execução. Assim, foram analisados 8 testes com carga parcial e 7 testes com carga total.

Resultados

De acordo com os testes e com a metodologia aplicada verificou-se que, para a configuração do sistema de trigerção utilizando a microturbina a gás Capstone C30 obteve-se uma geração de energia elétrica de boa qualidade com um tempo de partida a frio na faixa de 2 a 5 minutos. Em relação ao valor da potência elétrica gerada à plena carga constatou-se conformidade com o valor declarado pelo fabricante para as condições ambientais locais, porém com uma eficiência elétrica ficou em torno de 22%.

A máxima potência de refrigeração (17 kW) obtida pelo chiller de absorção só foi conseguida na condição em que microturbina operava com a máxima potência elétrica produzida de 24 kW. Nas outras condições operacionais, não foi possível obter esses resultados.

O Fator de Utilização de Energia, FUE, máximo para a configuração usando microturbina a gás foi de 56,6 %. Esse resultado já demonstra a vantagem da utilização de um sistema de trigerção de energia, uma vez que o rendimento máximo da microturbina foi de 22%. Cerca de 25,2% da energia que, normalmente seria lançada na atmosfera pelos gases de combustão ainda aquecidos pôde ser recuperada adotando-se a tecnologia de trigerção de energia.

O sistema de trigerção usando gerador elétrico acionado por motor de combustão interna (motogerador) se mostrou eficiente na partida a frio, com tempo médio de partida de 1 minuto. O motogerador apresentou uma perda de potência de cerca de 15% em relação à potência nominal especificada pelo fabricante (ISO), com máxima potência elétrica produzida de 21 kW. A máxima eficiência elétrica obtida foi de 27,6%. Nas outras condições de operação não foi possível obter esse resultado. O Fator de Utilização de Energia, FUE, máximo para a configuração usando o motor de

combustão interna a gás foi de 44,7 %. Esse resultado também demonstra uma vantagem da utilização de um sistema de trigeriação de energia, uma vez que o rendimento máximo do motogerador foi de 27,6%. Cerca de 17 % da energia que normalmente seria lançada na atmosfera pelos gases de combustão ainda aquecidos pôde ser recuperada adotando-se a tecnologia de trigeriação de energia.

No desempenho do sistema de cogeração à plena carga observou-se uma efetividade média de 70,0% para a caldeira de recuperação de calor.

O desempenho do chiller de absorção nessa configuração não foi satisfatório. Observa-se que, no caso do motogerador, as vazões dos gases de combustão são bem inferiores às obtidas com a microturbina a gás, apesar de que as temperaturas sejam mais elevadas. Isso pode explicar as baixas taxas de transferência de calor no gerador do chiller de absorção.

Conclusões e Contribuições

De uma forma geral, as duas configurações estudadas para o sistema de trigeriação apresentadas neste relatório apresentam grande vantagem quanto ao Fator de Utilização de Energia, FUE, do gás natural, demonstrando que, mesmo para pequenas e médias instalações essa técnica permite aumentar a eficiência da utilização de energia.

Os resultados obtidos do aproveitamento da energia térmica dos gases de combustão pelo chiller de absorção em todos os testes mostram que a opção de se fazer o insuflamento direto dos gases na câmara de combustão do gerador só funcionou de forma plena para o caso da microturbina a gás operando na sua máxima capacidade. Isso pode ser explicado pelo fato de o gerador do chiller de absorção ter sido projetado e construído para operar com transferência de calor por radiação direta da chama na combustão do gás natural. O gerador é, basicamente, um trocador de calor, projetado para operar com troca de calor por radiação e não por convecção forçada, que é o caso do insuflamento dos gases de combustão. Isso faz com que a efetividade da troca de calor do gerador seja bem inferior nesse caso.

De acordo com as análises realizadas, sugere-se que se faça a substituição desse sistema de insuflamento direto dos gases de combustão por um sistema de troca de calor por convecção forçada utilizando-se um banho de fluido térmico. Se o fluido que faz a transferência de calor for um líquido, a efetividade de transferência de calor do gerador

será bastante superior, garantindo assim que a potência térmica necessária para a plena operação do chiller de absorção possa ser alcançada também pelo sistema usando um motogerador.

Finalmente, propõe-se que o sistema de trigeriação seja testado em condição de operação real de médio prazo, a fim de se obter outras informações técnicas operacionais que não foram possíveis de serem alcançadas no estudo experimental em laboratório. Sugere-se melhorar o recuperador de calor do ciclo de absorção, conforme mencionado no parágrafo anterior.

Referências

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, em 2010, <<http://www.aneel.gov.br>>.

Capstone Turbine Corporation, em 2010, <<http://www.microturbine.com>>.

COGEN – Associação da Indústria de Cogeração de Energia, obtido em 2011, em <<http://www.cogensp.com.br>>.

Leon Heimer S/A, em 2011, <<http://www.heimer.com.br/2009/br/geradores.html>>.

Unifin International Inc., em 2010, <<http://www.unifin.com>>