AUTOMAÇÃO INTERNA DE UM PROTÓTIPO DE CÉLULAS A COMBUSTÍVEL DO TIPO PEM

Diogo Franchi
Acadêmico do curso técnico em eletrotécnica/Universidade Federal de Santa Maria
diogofranchi@gmail.com

Fredi Z. Ferrigolo
Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria
fzferigolo@yahoo.com.br

Felix A. Farret, PhD
Professor do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria.
fafarret@gmail.com

Resumo. *Este trabalho relata os procedimentos para automação de uma pilha de células a combustível do tipo PEM de 10 W para que ela opere no seu melhor rendimento e garanta uma maior vida útil.*

Palavras-chave: *Células a combustível. Automação. Energia renovável.*

1. INTRODUÇÃO

A produção de energia elétrica em grande escala atualmente gera grandes impactos ambientais, como as termoelétricas, nucleares e hidroelétricas. Uma fonte que se mostra promissora para geração de energia elétrica com baixa emissão de poluentes é a pilha de células a combustível do tipo PEM (Proton Exchange Membrane - Membrana de troca de prótons). O processo pode ser resumido como sendo o inverso da eletrólise, ou seja, através da reação do oxigênio e hidrogênio, como produto obtém-se energia elétrica, calor e água.

Para que esta fonte opere de forma correta, com rendimento adequado e maior vida útil faz-se necessário o controle de algumas variáveis como temperatura, umidade, pressão entre outros. Este controle é denominado na literatura como automação interna, que será o objetivo deste trabalho.

2. CÉLULA A COMBUSTÍVEL DO TIPO PEM

Neste projeto foi reconstruído um protótipo para controle de pilhas de células a combustível do tipo PEM, visando a demonstração e estudo das características desta fonte de energia. Este desenvolvimento é baseado na dissertação de Fredi Zancan Ferrigolo (2009), "Instrumentação para pilhas de células o combustível do tipo PEM visando à eficiência energética".

As pilhas de células a combustível do tipo PEM produzem energia elétrica como resultado de reações eletroquímicas de oxi-redução, que ocorrem pela passagem de um gás rico em H_2 através do anodo e de O_2 através do catodo. O fluxo de íons através do eletrólito produz uma corrente elétrica que pode ser usada numa carga qualquer, como no esquemático da figura 1.

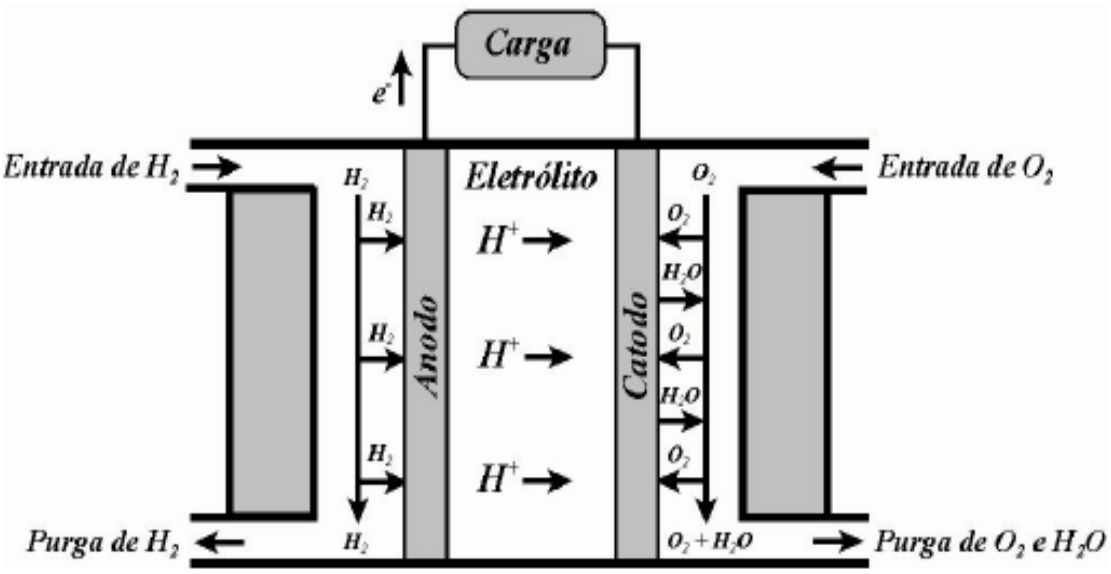

Figura 1-Operação básica de uma CaC do tipo PEM. Zancan (2007)

2.1 Variáveis de controle

Para garantir que as pilhas de células a combustível (CaC) funcionem no seu rendimento ideal, é necessário fazer o controle das variáveis deste sistema, ou seja, realizar a automação interna da CaC. Para tal devemos levar em conta algumas variáveis que podem comprometer a eficiência e a vida útil da pilha como um todo, como a temperatura interna da CaC, pressão de entrada de H_2 e O_2 (proveniente do ambiente externo), umidade e fluxo do O_2.

Para que a pilha opere com alta eficiência, a umidade da membrana deverá ser mantida dentro de uma faixa bastante restrita, algo em torno de 85% a 100% de umidade (Wu et al., 2006). De acordo com Choi (2006), Wang (2005) e Avista Laboratories (2000), o cartucho SR-12, em operação, deve ser mantido na faixa de temperatura de 5 a 35°C, e com pressão do hidrogênio entre 6,5 e 7,5 psi. Mantendo a pressão nesta faixa, o fluxo de hidrogênio dependerá apenas da carga, pois, conforme forem drenados elétrons, mais íons passam pela membrana dando lugar a mais H_2. Já o consumo de ar deve ser controlado, segundo Larminie e Dicks (2003), pois a taxa de oxigênio utilizado na reação é a de acordo com a Eq. (1).

$$8,29.10^{-8}\frac{P_{CaC}}{V_C}(Kg/s) \quad (1)$$

Sabendo-se que a quantidade de O_2 presente na atmosfera é de 21%, então o fluxo de ar atmosférico usado para a reação é de acordo com a Eq. (2).

$$3,57.10^{-7}\frac{P_{CaC}}{V_C}(Kg/s) \quad (2)$$

Esta é a mínima quantidade de ar que deve ser injetado, mas costuma-se injetar em torno de 3 a 4 vezes mais esse valor, conhecido como razão estequiométrica. Se a razão estequiométrica for alta demais pode ressecar a membrana e aumentar a resistência total aumentando as perdas na célula. Se for baixa demais, pode faltar oxigênio para que todo hidrogênio que chegar ao eletrodo possa reagir. Como a taxa de ar injetado depende da tensão e da corrente, estas grandezas também devem ser lidas.

Além do controle das variáveis já citadas, outro procedimento que aumenta o rendimento da CaC, sugerido em sua patente por Flugevand (2000, 2002), é a técnica de chaveamento de um curto-circuito (by-pass) temporário e cíclico a uma frequência pré-estabelecida, que consiste na aplicação de um curto-circuito entre o catodo e o anodo

da CaC. O acúmulo de água no eletrodo dificulta a passagem do H_2 e o ressecamento da membrana dificulta a passagem dos íons fazendo com que a tensão caia. Com a técnica de curto-circuito é produzido mais água na membrana ou evapora-se o excesso nos eletrodos fazendo com que a tensão seja reestabelecida.

Conhecendo as variáveis foi montado o protótipo com componentes mecânicos e eletrônicos para seu monitoramento e controle, conforme a figura 2. Além disso, integrou-se ao protótipo descrito uma placa de aquisição de dados, cuja irá coletar os sinais proveniente dos sensores com o software LabVIEW para monitorar (figura3) e atuar na CaC de modo a obter o maior rendimento e vida útil da célula.

3. MONTAGEM DO PROTÓTIPO

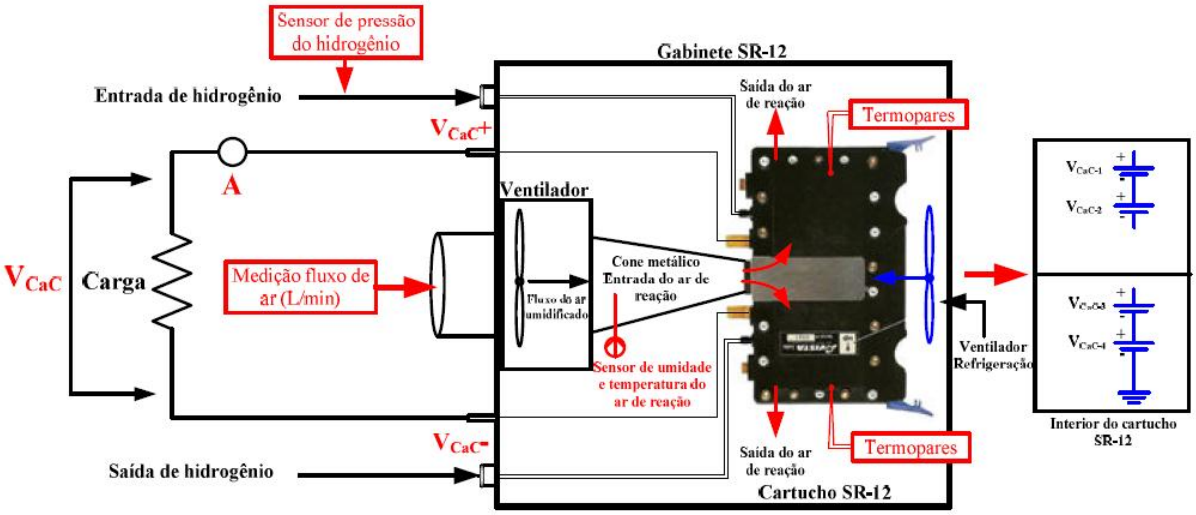

Figura 2 – Esquema do protótipo completo. FERRIGOLO (2009)

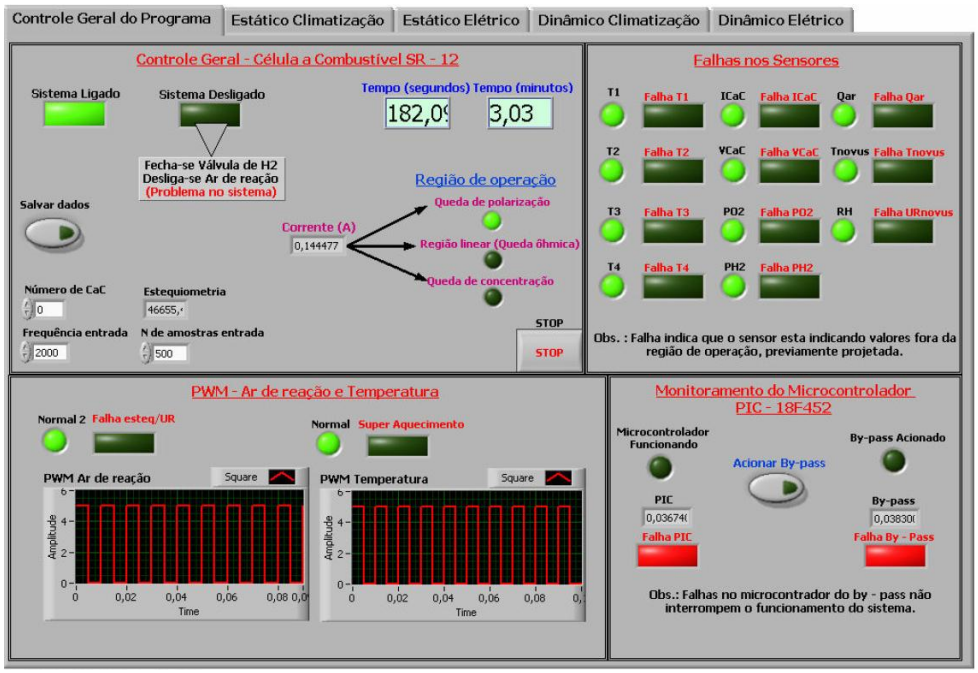

Figura 3 – Painel de controle geral da CaC do tipo PEM. FERRIGOLO (2009)

4. CONCLUSÃO

Com a automação interna de um protótipo de células a combustível do tipo PEM obteve-se uma ferramenta poderosa para estudo das características de fontes de energia usando células a combustível para diferentes situações de operação. Também, pode ser útil para demonstrações a interessados neste tipo de fonte. Além disso, a montagem do protótipo pode proporcionar aos envolvidos uma compreensão melhor sobre as possibilidades das pilhas a CaC e suas principais variáveis de controle. Mesmo se tratando de uma pequena célula de 10W, os resultados podem ser estendidos de forma clara para potências maiores por se tratar de uma fonte modular.

5. REFERÊNCIA

AVISTA LABORATORIES, **Operator's manual of the SR-12 PEM Fuel Cells**. 2000.

CHOI, W., ENJETI, P.N., HOWZE, J.W. **Development of an equivalent circuit model of a fuel cell to evaluate the effects of inverter ripple current**. Journal of Power Sources, vol. 158, p. 1324–1332, 2006.

FERRIGOLO, F.Z. **Instrumentação para pilhas de células a combustível do tipo PEM visando a eficiência energética**. 114 p., Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

FUGLEVAND, W.A., DEVRIES, P.D., LOYD, G.A., LOTT, D.R. e SCARTOZZI, J.P. **Fuel cell and method for controlling same**, US Patent 6,096,449, to Avista Labs, Aug. 1, 2000.

FUGLEVAND, W.A., DEVRIES, P.D., LOYD, G.A., LOTT, D.R. e SCARTOZZI, J.P. **Fuel cell power system and methods of controlling a fuel cell power system**; US Patent 6,387,556 B1, to Avista Labs, May. 14, 2002.

GONZATTI, F. **Bases experimentais para o projeto, automação e instalação de sistemas de geração de energia com células de combustível**. 96 p., Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

LARMINIE, J., DICKS, A. Fuel cell systems explained. 308 p., Ed. John Wiley & Sons, Inglaterra, 2003.

WANG, C., HASHEM, M., STEVEN, R. **Dynamic models and model validation for PEM fuel cells using electrical circuits**. p. 442 a 451, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 20, 2005.

WU, A.; LI, W. e BERG, P. **Numerical analysis of dynamic processes in fully humidified PEM fuel cells**. p.1 a 10, International Journal of Hydrogen Energy, Canada, 2006.