

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DE TESTES PARA CÉLULAS A COMBUSTÍVEL DE MEMBRANA DE TROCA DE PRÓTONS (PEMFC) PARA APLICAÇÕES VEICULARES

Guilherme Santos Niekraszewicz¹; Leonardo Oliveira Santos de Santana²; Gerhard Ett³

¹ Graduando em Engenharia Química; guilherme.santos@fbter.org.br

² Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; leonardo.oss@fieb.org.br

³ Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; gerhard.ett@fieb.org.br

RESUMO

A pesquisa voltada para a área de células a combustível de hidrogênio, tem crescido com a procura por sistemas mais eficientes, visando a substituição do uso de combustíveis fósseis em veículos automotivos. Contudo, antes de implantar um sistema de célula a combustível em um veículo é preciso realizar todos os testes necessários em um ambiente controlado, garantindo a máxima eficiência, representatividade e segurança do sistema proposto. Nesse cenário, a presente pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de bancada para a realização de testes de eficiência, segurança e mapeamento das características de funcionamento de células a combustível de membrana de troca de prótons (PEMFC) do tipo catodo aberto a ser utilizada em no carro do tipo formula SAE da equipe Tech2, que competirá no H2 Challenge. Para isso, foi realizada uma revisão das boas práticas fornecidas pelo fabricante da célula a combustível e pela organização responsável pela realização da competição para garantir que o design proposto para a bancada seja eficiente, seguro e esteja de acordo com as normas vigentes.

PALAVRAS-CHAVE: hidrogênio; célula a combustível; veículos híbridos; bancada de testes;

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as aplicações do hidrogênio estão sendo cada vez mais diversificadas, desde a produção em larga escala em plantas industriais até o uso como fonte de energia para veículos elétricos. Sendo assim, o desenvolvimento de veículos elétricos movidos a células a combustível tem sido uma proeminente alternativa para os convencionais movidos a bateria.¹

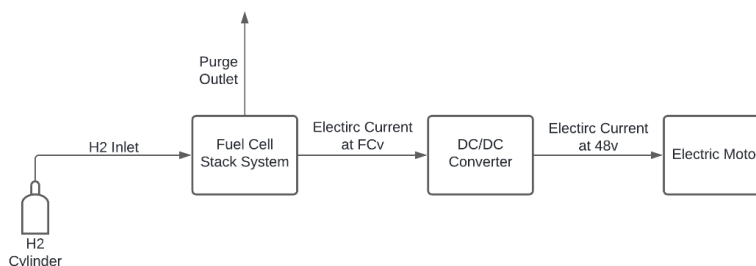
Nesse contexto, a presente pesquisa foca na documentação e desenvolvimento de uma bancada de testes para células combustível, consistindo a priori na FCgen®-1020ACS da Ballard, um Stack (empilhamento) de PEMFC, que é a tecnologia mais usada para aplicações veiculares. Contudo, a célula em questão é do tipo catodo aberto, possuindo uma densidade energética menor, com a vantagem de necessitar de menos componentes para funcionar.

As células a combustível do tipo PEM, funcionam com uma membrana seletiva a próton, que separa o compartimento do anodo e o catodo, esta permite a passagem apenas dos cátions de hidrogênio (H⁺). No anodo ocorre a oxidação da molécula de hidrogênio, e o elétron vai para o catodo, onde reduz o oxigênio (O²⁻), gerando água. O Stack é formado por várias células a combustível ligadas em série, elevando a tensão. A corrente é proporcional a área, quanto maior a área, maior a corrente.² Para ser acoplado ao motor elétrico, a tensão é elevada por intermédio de um conversor DC/DC para que seja utilizada para o funcionamento do *powertrain* veicular, como mostrado na Figura 1

A diferenciação entre PEMFCs do tipo catodo aberto e catodo fechado acontece a partir da forma com que o oxigênio que será reagido com os prótons oriundos do hidrogênio é alimentado para o stack. No caso das células de catodo aberto, esse oxigênio é obtido do ar atmosférico e ventilado para a PEMFC usando o mesmo ventilador responsável pelo controle de temperatura do stack. Diferente das células de catodo fechado, nas quais o oxigênio é alimentado a partir de um blower, tornando o sistema mais complexo.

Sendo assim, a partir das orientações fornecidas pelo manual fornecido pelo fabricante da célula combustível e pelo livro de regras da competição SAE H2 Challenge, foi realizado um levantamento de componentes necessários e um diagrama de fluxo de processos para representar a montagem do sistema.

Figura 1 – Diagrama de Fluxo de Blocos do *Powertrain* com PEMFC e Motor Elétrico Integrados



2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a construção do sistema da bancada foi baseada numa revisão técnica e de benchmarking, tendo como principais documentos de referência o manual fornecido pelo fabricante da célula a combustível, que descreve os componentes mínimos e opcionais e a posição que cada um deve ser conectado. Além disso, algumas boas práticas são detalhadas nas regras da competição H2 Challenge, realizada pela SAE, na qual o time de fórmula híbrido do SENAI Cimatec, Tech2 Racing participa.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A partir das informações fornecidas no manual da Ballard³ e nas regras do SAE H2 Challenge⁴, foi montado o diagrama representado na Figura 2, atentando-se as especificações dos equipamentos, como mostrado na Tabela 1.

Figura 2 – Diagrama de Fluxo de Processos da Bancada de Testes

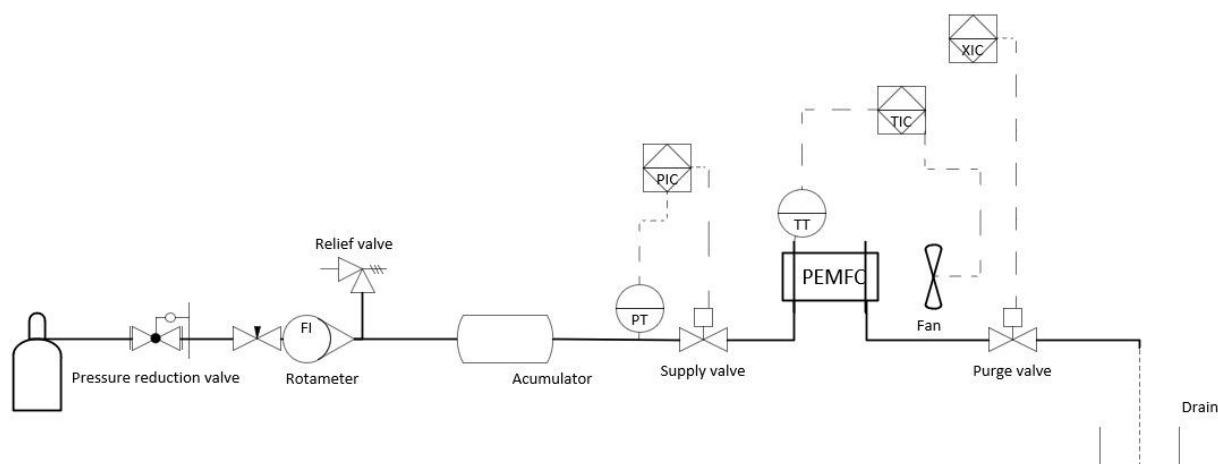


Tabela 1 – Componentes do Sistema da Bancada

Item	Função no Sistema	Especificações
Cilindro de Hidrogênio	Armazena o hidrogênio que será utilizado como combustível	Deve ser utilizado um cilindro de alumínio com capacidade para 6L e pressão de trabalho de 153 bar.
Válvula e Manômetro do Tanque	Mede a pressão e regula a saída do cilindro	Deve ser capaz de abrir e selar contra uma pressão upstream de 0,36 bar e downstream de -0,7 a 0,36 bar
Válvula de Redução	Regula a pressão de entrada no ânodo (0,36 bar)	Deve ser utilizada uma válvula de duplo estágio
Válvula de Alimentação	Controla o fluxo de hidrogênio para o stack	Deve ser usada uma válvula eletrônica controlada por software
Transdutor de Pressão do Ânodo	Mede a pressão no ânodo	Deve ser capaz de medir a pressão num range de -1 a 1 bar
Válvula de Purga	Controla o fluxo de hidrogênio na saída da stack	Deve ser capaz de abrir e selar contra uma pressão upstream de -0,7 a 0,36 bar e downstream de 0 bar (atmosférica). Deve ser usada uma válvula eletrônica controlada por software.

Saída da Purga	Local para o qual o gás da purga é lançado	Deve ser direcionada para o ventilador para diluir a mistura de gases na corrente de ar ou deve ser ventilada para a atmosfera, longe do enclausuramento do sistema.
Válvula de Alívio	Protege o stack caso o transdutor de pressão do ânodo falhar	Deve ser aberta se a pressão no ânodo exceder 1 bar.
Acumulador	Reservatório de hidrogênio que mantém a pressão no ânodo constante durante a purga, tornando-a mais eficiente	Deve ter volume interno maior ou igual a duas vezes o volume do stack.

Além das considerações específicas para cada componente, é importante que todas as conexões utilizadas para montar o sistema sejam de aço inoxidável, uma vez que esse material promove uma garantia de segurança contra vazamentos e não contamina o hidrogênio do sistema. Ademais, as regras do H2 Challenge exigem que as conexões utilizadas sejam preferencialmente do design de garra mecânica de ponteira dupla (“dupla anilha”) e as conexões rosqueadas devem ser do tipo NPT, adequado para altas pressões e vedado com material de preenchimento (teflon).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, a construção da bancada de testes com os itens e suas devidas especificações mencionadas é uma grande oportunidade para o aprendizado sobre o funcionamento das células a combustível e suas aplicações para veículos elétricos. Seguindo em frente, é importante que o sistema proposto seja sempre melhorado e cada vez mais testes sejam realizados até a implantação dele no carro da equipe Tech2 Racing e a aplicação dele no H2 Challenge. Por fim, o presente estudo pretende fomentar novas pesquisas que envolvam a tecnologia das células combustível e veículos híbridos, para que assim se construa um futuro mais sustentável.

5. REFERÊNCIAS

- ¹AMINUDIN, M. A. et al. An overview: Current progress on hydrogen fuel cell vehicles. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 48, n. 11, p. 4371-4388, 2023.
- ²SAZALI, Norazlian et al. New perspectives on fuel cell technology: A brief review. *Membranes*, v. 10, n. 5, p. 99, 2020.
- ³Ballard Power Systems Inc., 2016, FCgen®-1020ACS Fuel Cell Stack and FCvelocity®-1020ACS Fuel Cell Stack Product Manual and Integration, Handling, Transportation and Storage Guide.
- ⁴SAE Brasil, 2022, Hybrid H2 Powertrain – 2022 Specs and Safety Rules, August 2023.