

HIDROGÊNIO ELETROLÍTICO EÓLICO PARA AQUECIMENTO DE AMBIENTES

Maurício A. da Motta Sobrinho & Pedro A. Carvalho Rosas

Centro Brasileiro de Turbinas Eólicas, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco
50.740-530 – Recife – Pernambuco – Brasil

Tel.: 55 81 271-8239 Fax.: 55 81 271-8232 E-Mail: mottas@npd.ufpe.br, pean@npd.ufpe.br

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es mostrar un equipo para el corte y la soldadura de metal provisto de combustible mediante hydrogen/oxygen electrolítico, así como, estudiar su optimización, utilizando un electrolizador bipolar. Se ha observado que aumentando la concentración del electrolito, el aporte neto del sistema también creció. Ya que este aumento era insignificante, fue utilizado una concentración de NaOH de 20%, con un aumento de 66%. La calidad de la soldadura, para el material ferroso, fue mejorada mediante la adición de 50% del volumen de oxígeno. Para los materiales no ferrosos esta adición no es necesaria.

INTRODUÇÃO

A conservação de um meio ambiente saudável que possa proporcionar uma boa qualidade de vida é uma das principais metas da presente geração. O efeito estufa, a camada de ozônio, a crise energética, são fatores que nos levam a procura de novas tecnologias que sejam renováveis e limpas. A energia eólica vem surgindo como uma excelente opção para geração local de eletricidade, sendo renovável e não poluente. E seus custos de geração, para turbinas de grande porte, já estão próximos dos valores de geração hidroelétrica.

O principal problema da geração eólica é a sua intermitência e flutuação, gerando a necessidade de armazenamento. A acumulação de energia na forma de hidrogênio, possibilita o armazenamento do excesso de energia por um longo período, sendo uma forma simples e pode-se rapidamente colocar o acumulador em operação. Além desta utilização o hidrogênio pode ser um vetor para transmissão de energia, por meio de caminhões ou hidrogenodutos.

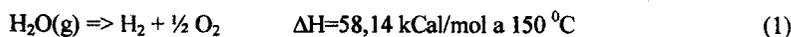
O sistema aqui apresentado é composto basicamente por um eletrolizador bipolar, uma turbina eólica e um banco de baterias. Toda energia gerada pela turbina será convertida na mistura hidrogênio/oxigênio e armazenada em uma campânula móvel com selo de água. Neste caso o banco de baterias pode ser dispensado uma vez o eletrolizador pode operar a tensões variadas. Desta forma a produção de gás flutuará linearmente da tensão com a produção de gás, conforme estabelece a Lei de Faraday. Para a implementação de um sistema eólico-hidrogênio pode-se utilizar qualquer método ou esquema técnico para a produção do hidrogênio por uma turbina, a partir da decomposição da água ou de outro elemento químico. O principal requerimento para a é que a intensidade da potência no processo seja mínima e não sejam necessários equipamentos caros e complexos. (Dobrovolski et al., 1989)

Quando comparado com sistemas elétricos de aquecimento, que geralmente utilizam resistência, este novo sistema torna-se mais vantajoso, uma vez que diminui ou elimina o uso das baterias que é um componente caro e de vida útil relativamente baixa e com maiores perdas devido a ao fluxo de energia da bateria.

Foram realizadas simulações, utilizando dados de vento coletados em Olinda (PE), cujos resultados mostraram que, o sistema composto por uma turbinas eólicas de 10 kW CA irá gerar em média, 500 l/h da mistura H₂/O₂.

ELETROLÍSE DA ÁGUA

A eletrólise da água consiste em decompor a molécula da água através da corrente elétrica contínua, produzindo o hidrogênio e o oxigênio, que são seus elementos constitutivos. Esta reação é endotérmica e pode ser representada pela equação 1 (Bockris, 1976)



Quando se aplica uma diferença de potencial entre os eletrodos, os íons H⁺ e OH⁻ irão migrar para o ânodo e cátodo respectivamente, cujos compartimentos são separados por uma membrana semi-permeável para minimizar ou evitar a mistura dos gases H₂ e O₂ que irão evoluir em cada eletrodo. Desta forma cada par de eletrodos formam uma célula eletrolítica.

A voltagem mínima para o desenvolvimento da reação é de 1,23 volts por célula eletrolítica, entretanto seria necessário que o ambiente fornecesse calor para a reação, o que só é possível na idealidade. Para que a reação ocorra é necessário que parte da energia (corrente) que atravesse a célula seja convertida em calor. A tensão necessária para tanto é de 1,47 volts.

Em uma célula perfeitamente eficiente, 94 kW são consumidos para produzir 26,5 m³ de hidrogênio, dos quais 79 kW são fornecidos como energia elétrica e o restante na forma de calor (Andrade, 1993)

Os eletrolisadores podem ser classificados como unipolar ou bipolar. Os unipolares, ou tipo tanque, se caracterizam pela associação elétrica em paralelo dos eletrodos, fazendo com que ambas as faces do eletrodo possuam a mesma polaridade. A voltagem total da célula será a mesma de um par, ou seja, 2,0 volts. Apesar de apresentar uma simplicidade do isolamento

elétrico(Ticianelli,1985), construção simples e facilidade de manutenção, não pode operar a elevada temperatura, os retificadores de corrente são de alto custo e são mais volumosos (Casper, 1978).

Nos eletrolisadores bipolares a ligação elétrica dos eletrodos é feita em série, onde a voltagem total da é dada pelo número de células. Neste arranjo, cada lado do eletrodo tem uma polaridade diferente, ocorrendo a evolução do hidrogênio em um lado e do oxigênio na outra face. Apesar de apresentar maior probabilidade de problemas de vedação, apresenta um maior rendimento elétrico (devido a baixa amperagem) e além disso, pode operar a alta pressão e temperatura e é mais compacto.(Motta Sobrinho, 1995). Devido a estas características, o eletrolisador bipolar foi escolhido para o desenvolvimento do trabalho.

ELETROLISADOR BIPOLAR

O eletrolisador tem uma potência de 2700W e é constituído basicamente por: reator eletrolítico, reservatório de eletrólito, trocador de calor, purgadores, pressostato, válvula reguladora de pressão, fonte de alimentação e selos controladores de chama.

O reator eletrolítico é formado por cinquenta células ligadas em série, onde cada célula opera a uma tensão de 1,75 v, apresentando desta forma um rendimento acima de 80%. Os eletrodos são feitos de aço 1020 e os espessadores de PVC e o conjunto possui uma inclinação de 12 graus para facilitar a saída dos gases.

No reservatório de eletrólito é onde se adiciona a água e uma solução de hidróxido de potássio para aumentar a condutividade da água. No seu interior tem-se um trocador de calor, cujo objetivo é retirar parte do calor causado principalmente pelas sobretensões dos eletrodos e resistividade do eletrólito.

No topo deste reservatório tem-se um pressostato e um regulador de pressão que tem o objetivo de manter a pressão do sistema entre 1,0 e 1,5 kgf/cm². Os selos controladores de chama reduzem a velocidade de queima do hidrogênio e lhe dá uma característica mais arredondada a chama, quando se utiliza benzina retificada, sendo mais indicada para aquecimento ou solda de metais. Caso opte-se pela utilização do álcool, a chama terá uma forma mais puntiforme sendo indicada para corte de metais. A figura 1a mostra um esquema do eletrolisador bipolar.

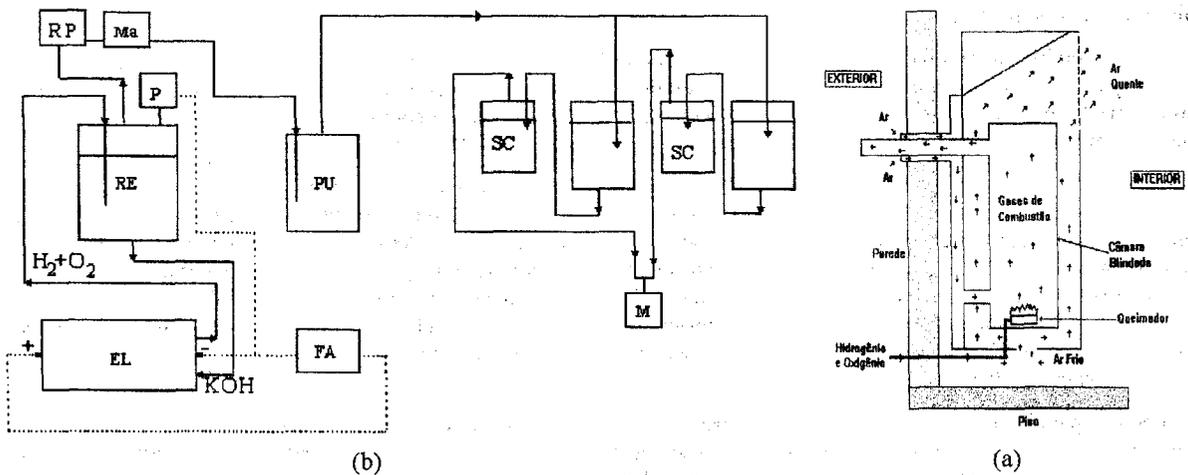


Figura 1 - Fluxograma do eletrolisador bipolar (a) e trocador de calor convectivo (b)

AQUECEDOR DE AMBIENTES

Foi utilizado um aquecedor de ambientes originalmente alimentado a GLP e modificado para o uso de hidrogênio. A figura 1.b mostra um esquema deste trocador, onde, durante a combustão do hidrogênio, o vapor de água produzido irá trocar calor com o ar do ambiente que desejamos aquecer.

O funcionamento do trocador de calor convectivo ocorre da seguinte forma: a mistura dos gases hidrogênio e oxigênio proveniente do eletrolisador são conduzidos para o trocador de calor convectivo através de uma mangueira, passando antes pelas válvulas de segurança. Na câmara blindada estes gases são queimados e o vapor de água gerado troca calor, através da parede da câmara, com o ar que do ambiente a ser aquecido que circula entre a câmara blindada e a parede externa do trocador. Ao ser aquecido este ar sobe e sai do interior do trocador, fazendo com que mais ar frio entre pela parte inferior do trocador para ser aquecido. Como pode ser observado, este processo se realiza apenas por convecção natural.

A conexão deste trocador com o eletrolisador bipolar é feita diretamente na saída do selo controlador de chama que contém benzina retificada, através de uma mangueira flexível própria para gases (como GLP).

TURBINA EÓLICA

Por ser um recurso inerentemente variável e intermitente, o vento é caracterizado através de parâmetros estatísticos como velocidade média, desvio padrão, distribuição de frequência de velocidades, etc. Para se estimar a energia produzida por uma turbina eólica faz-se uso de sua curva de potência e de dados horários de velocidade de vento do local. A potência extraída do vento varia com o cubo da velocidade, assim pequenas variações de vento provocam grandes variações na potência, provocando variações na quantidade de hidrogênio produzido e no rendimento do eletrolisador.

Para a simulação foi utilizada uma turbina eólica "upwind" de 3 kW de potência nominal e diâmetro de 5 metros, fabricada pela Vergnet. Ela possui duas pás com controle de passo passivo e a orientação é feita através de um leme. A opção por turbinas como estas fez-se por sua robustez, operação automática e simplificada e facilidade de instalação.

O SISTEMA

A geração eólica de hidrogênio já vem sendo estudada a bastante tempo, na União Soviética, de 1952 a 1962, foi posto em operação um sistema composto por 3 turbinas de 50 kW de capacidade cada, cuja corrente, após passar por um retificador, alimentava um eletrolisador de 140 kW, com capacidade de produção horária de 24 m³ de H₂ e 12 m³ de O₂. O hidrogênio gerado era então queimado em um motor de combustão ou utilizado para produzir vapor e acionar uma turbina (Dobrovolski et al., 1989).

A figura 2.a mostra a configuração do sistema a ser simulado. A energia cinética do vento é transformada em potência mecânica no eixo da turbina, que aciona o gerador elétrico, gerando uma corrente elétrica alternada de 230 volts. A energia gerada passa por um transformador 230/110 e por um retificador, alimentando o reator eletrolítico em corrente contínua.

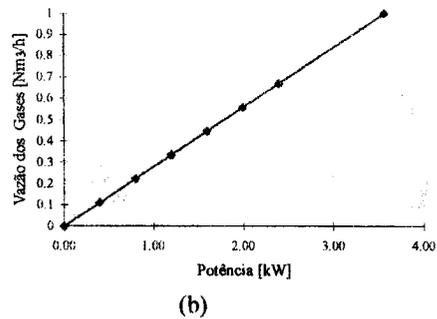
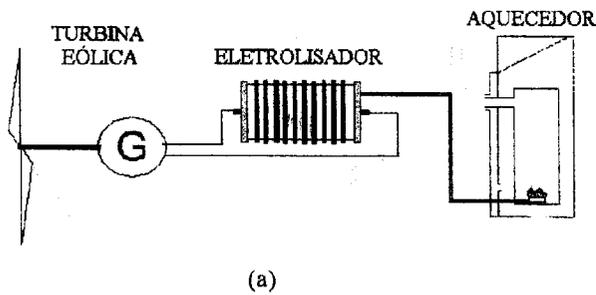


Figura 2 - Configuração do sistema eólico/hidrogênio (a) e vazão dos gases em função da potência fornecida (Andrade,1993).

Entre o eletrolisador e o aquecedor há uma campânula móvel, com selo de água, que irá armazenar os gases gerados, eliminando os efeitos da flutuação da geração da energia a curto e a longo período, permitindo um acúmulo nos períodos de velocidade de vento mais elevado e assim um melhor gerenciamento da energia. O armazenamento de hidrogênio em longo período em gasômetros faz-se necessário uma aplicação de epóxi ou outro material para evitar a permeação do gás no metal. Este tipo de armazenamento possui um custo relativamente baixo quando comparado ao armazenamento em pequenos volumes (em cilindros sob pressão ou em cilindros com hidretos metálicos) que possuem um elevado custo.

De acordo com a Lei de Faraday, a geração da mistura de gases, hidrogênio/oxigênio, é proporcional a potência fornecida. A figura 2.b mostra a relação potência fornecida versus vazão da mistura gasosa. Partindo-se desta relação e da energia fornecida pela turbina eólica pode-se estimar, em regime estático, o volume de gás produzido. O consumo do aquecedor, segundo Motta Sobrinho (1995), é de 0,85 Nm³/h, assim para aquecer um cômodo, deixando-o em condições de conforto ambiental durante os três meses de inverno, seriam necessários por ano uma produção de 530 m³ de gás, funcionando durante sete horas por dia.

SIMULAÇÃO DO SISTEMA

Dados de Entrada.

A simulação da capacidade de geração eólica, foi utilizado o programa HYBRID2, desenvolvido pela Universidade de Massachussets (EUA). Para se obter valores para as condições locais, foram utilizados dados de vento coletados na estação anemométrica de referência do Grupo de Energia Eólica, localizada na torre da Televisão Universitária a 120 metros de altura (para evitar a interferência de obstáculos, como edifícios).

Através da correlação com o perfil vertical de velocidade, estes dados foram ajustados para uma altura de 18m (Altura do eixo da turbina). Quando o terreno a ser implantado a turbina possui obstáculos (terreno complexo), faz-se necessário uma correção da velocidade de vento considerando-se a interação vento relevo, através de modelos ou softwares como o WASP.

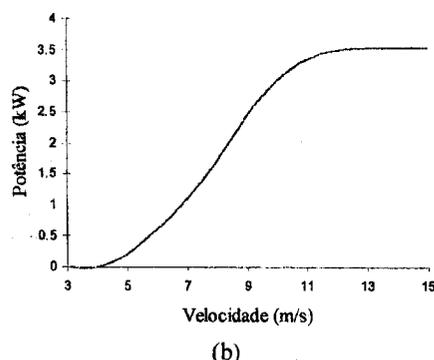
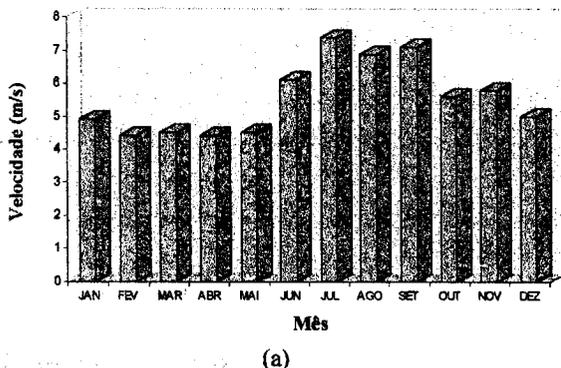


Figura 3 - Velocidades médias mensais para a 120 m (a) e Curva de potência da Turbina Vergnet de 3 kW (b)

Os dados de vento são para os 365 dias do ano de 1995, e tem como média o valor de 5,57 m/s. A figura 3.a mostra as médias mensais da velocidade do vento ao longo do ano de 1995. É necessário ainda para a simulação, a curva de potência da turbina a ser utilizada. Esta relaciona a velocidade incidente no rotor da turbina com a energia produzida pela mesma. Na figura 3.b, encontra-se a curva de potência para a turbina de 3 kW a ser utilizada.

Resultados da Simulação

Utilizando-se os dados de vento para ao 365 dias do ano e a curva de potência, obteve-se um total de 23.648,03 kWh/ano. A figura 4.a mostra a energia produzida pela turbina AC entre 3500 e 6500 horas de simulação. Pode ser observado a grande variabilidade e intermitência da energia gerada.

Com este dado parte-se para um planilha para se calcular a quantidade de gás (mistura de hidrogênio e oxigênio na proporção 2:1) produzida. A figura 4.b mostra a vazão horária de hidrogênio entre 3500 e 6500 horas de simulação (período do inverno). A produção anual foi de 533 m³.

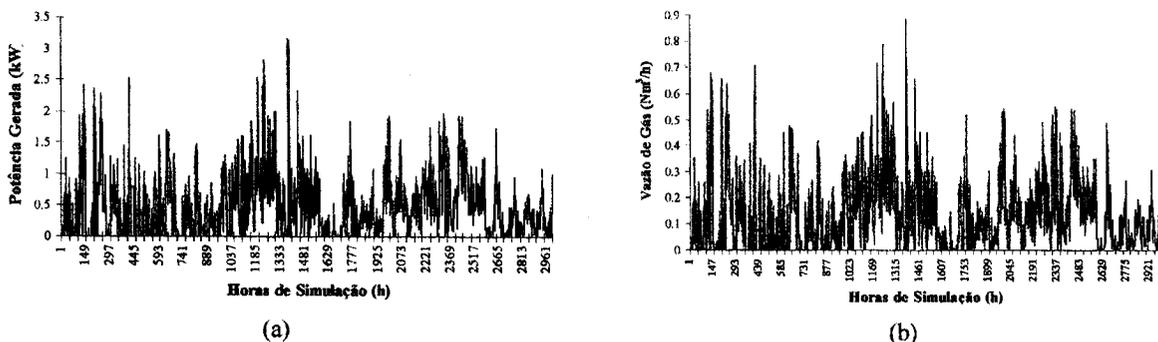


Figura 4 - Variação da energia gerada pela turbina em função do tempo (a) e vazão de gás em função do tempo (b), para o intervalo entre 3500 e 6500 horas.

Considerações sobre a Intermitência

Apesar deste sistema ter sido simulado em regime estático, o estudo em regime dinâmico divergirá muito a nível de produção dos gases. As variações da energia produzida irão afetar a pureza dos gases, caso estes sejam produzidos em separado. Dutton et al. (1996), cita em seu trabalho que variações abaixo de 2% e 1% para o hidrogênio e oxigênio, respectivamente são aceitas. Acima destes valores, os gases são liberados para a atmosfera. Variações por segundo até 80% abaixo da capacidade nominal do eletrolisador não provoca problema algum.

É importante que quando se trabalha em carga parcial deve-se verificar uma baixa na qualidade no gás produzido e na sobrecarga há necessidade da introdução de um trocador de calor para evitar sobreaquecimento.

CONCLUSÕES

Baseando-se nas simulações, pode-se verificar que o sistema apresentado dá para suprir as necessidades de aquecimento de um pequeno ambiente (ex.: um quarto de casal ou um container) durante o inverno. Os resultados podem ser melhores com um isolamento adequado do ambiente, podendo assim reduzir consideravelmente o volume de gás necessário. Apesar de se tratar de um estudo preliminar, o hidrogênio eólico mostrou-se viável para a aplicação em aquecimento. Estudos mais aprofundados estão sendo feitos no sentido de melhorar o desempenho e autonomia do sistema.

REFERÊNCIAS

- Bockris, J.O'M. (1976). Energy, The Solar-Hydrogen Alternative. The Architectural Press Ltda., Londres.
- Casper, M.S. (1978). Hydrogen Manufacture by Electrolysis, Thermal Decompositional Unusual Techniques. Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, E.U.A.
- Dobrovolski, V.A., Ryzhov, Yu. A., Sidirov, V.I. (1989). An Stand Alone mode Hydrogen Electric Power Station of 100 kW. European Wind Energy Conference, Glasgow, Scotland, UK, July 10-13.
- Dutto, A.G. et al. (1996). Electrolyser and System Operation in Wind/Hydrogen Electrolysis Systems. European Union Wind Energy Conference, Göteborg, Sweden, May 20-24.
- Motta Sobrinho, M.A. (1995). Estudo de Sistemas de Aquecimento de Ambiente utilizando Hidrogênio Eletrolítico como Combustível. Tese de Mestrado, UFPB, DEQ, Campina Grande, Paraíba, Brasil.
- Ticianelli, E.A. (1985). Sistemas Eletroquímicos de Geração e Aproveitamento de Hidrogênio, Eletrolisadores e Células Combustíveis. Fontes Alternativas de Energia, Projeto FINEP/PNUD/UNESCO, Brasil.
- Williamson Jr., K.D. & COX, K.E. (1977). Hydrogen: Its Technology and Implications. Vol. I, CRC Press, Cleveland, EUA.