



Acionamento estático de um sistema de bombeamento de água em corrente alternada, através da energia solar fotovoltaica

Walmeran José Trindade Júnior¹, José Diniz Neto², José Artur Alves Dias¹, Eloise dos Passos Rodrigues²

¹Doutores do curso de engenharia elétrica– IFPB. e-mail: walmeram@ig.com.br

²Graduandos em engenharia elétrica - IFPB. Bolsista do CNPq. e-mail: josediniz@ieec.org

Resumo: A utilização da energia solar possui uma importância significativa, tendo em vista as necessidades energéticas, econômicas, além de ser uma fonte de energia que não traz agressões ao meio ambiente. O propósito deste trabalho consiste na elaboração de um conversor CC-CA para o acionamento de um sistema de bombeamento através da energia solar fotovoltaica utilizando corrente alternada, possibilitando uma redução de custos, devido as grandes vantagens econômicas e operacionais utilizando-se motobombas acionadas através de corrente alternada ao invés de corrente contínua e pelos benefícios agregados a sociedade.

Palavras-chave: Bombeamento de água, conversor CC-CA, energia solar fotovoltaica

1. INTRODUÇÃO

Um sistema de bombeamento de água necessita de uma fonte de energia para operar. Em geral, um sistema de potência AC, pois é econômico e tem um mínimo de manutenção quando a energia é disponibilizada pela rede elétrica nas proximidades. No entanto, em muitas áreas rurais, fontes de água estão espalhadas à quilômetros de distancia das linhas de transmissão (OI, 2005).

A água, assim como o oxigênio e a alimentação, constituem as necessidades básicas dos seres vivos. O organismo humano pode passar diversos dias e inclusive semanas sem alimentação, mas poderá falecer ao passar poucos dias sem o consumo deste fluido. Assim sendo, o fácil acesso a água, provavelmente seja o primeiro item a ser considerado para o estabelecimento de assentamentos humanos em qualquer região do planeta. (FEDRIZZI, 1997).

O fornecimento regular de água para populações que vivem em regiões remotas, desprovidas, muitas vezes, de alguma fonte de energia convencional para o bombeamento de água, é uma aplicação típica dos sistemas de bombeamento de água por energia solar fotovoltaica.

Até 1990 não mais de 10.000 sistemas haviam sido instalados em todo o mundo. Na última década, no entanto, seu número aumentou sensivelmente e, ainda que não tenha contabilizado com precisão, o último estudo da previsão da expansão realizado pela União Europeia, mostra cifras da ordem de 150.000 sistemas de bombeamento fotovoltaico instalados até 2010 (EPIA, 2006). Esse crescimento mostra que existe uma necessidade cada vez maior que a sociedade precisa de novas fontes alternativas de energia.

No sistema de bombeamento, a utilização de uma motobomba acionada através de corrente alternada traz grandes vantagens operacionais e econômicas em relação às motobombas de corrente contínua, por possuírem uma baixa manutenção e um menor preço no mercado.

Utilizando os atributos da eletrônica de potência para o estudo e o acionamento do sistema, projetou-se um inversor de frequência, que terá a função de converter a corrente contínua, produzida pelos painéis solares, em corrente alternada, para que então o acionamento da motobomba CA ocorra.

A eletrônica de potência combina potência, eletrônica e controle. O controle trata das características dinâmicas e de regime permanente dos sistemas de malha fechada. A potência cuida de equipamentos de potências rotativos e estáticos para a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. A eletrônica trata dos dispositivos e circuitos de estado sólido para o controle e conversão da energia elétrica. (RASHID, 1993).

Em termos gerais, a tarefa da eletrônica de potência é para processar e controlar o fluxo de energia elétrica, fornecendo tensões e correntes de uma forma que é perfeitamente adaptada para cargas de seus usuários (MOHAN et al, 1995).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para um estudo mais detalhado e minucioso do trabalho desenvolvido, inicialmente houve uma familiarização com o sistema de bombeamento de água através da energia solar fotovoltaica utilizando uma motobomba de corrente contínua, a partir do estudo do seu funcionamento, da instalação propriamente dita desse sistema e de sua operação.

Foram elaborados estudos de metodologias de projetos de sistemas de bombeamento de água, para pequenas aplicações, tais como fornecimento de água para consumo humano ou animal, para irrigação, com a elaboração de uma nova proposta que contemple a simplicidade e a clareza para tal fim, será levado a cabo também como estratégia de aproximação do problema.

A partir do estudo dos tipos de bombas e de suas aplicações mais adequadas sem sistemas fotovoltaicos, serão detalhadas as especificações necessárias para o conversor eletrônico, que acionará a motobomba, com posterior trabalho de propor a topologia de circuito para esse conversor que implemente as especificações apontadas.

3. O SISTEMA DE BOMBEAMENTO

O sistema de bombeamento é composto basicamente por: gerador fotovoltaico, sistema de acondicionamento de potência, conjunto motobomba e equipamentos complementares (FEDRIZZI, 1997). A figura 1 expõe uma possível forma de um sistema de bombeamento através da energia solar:

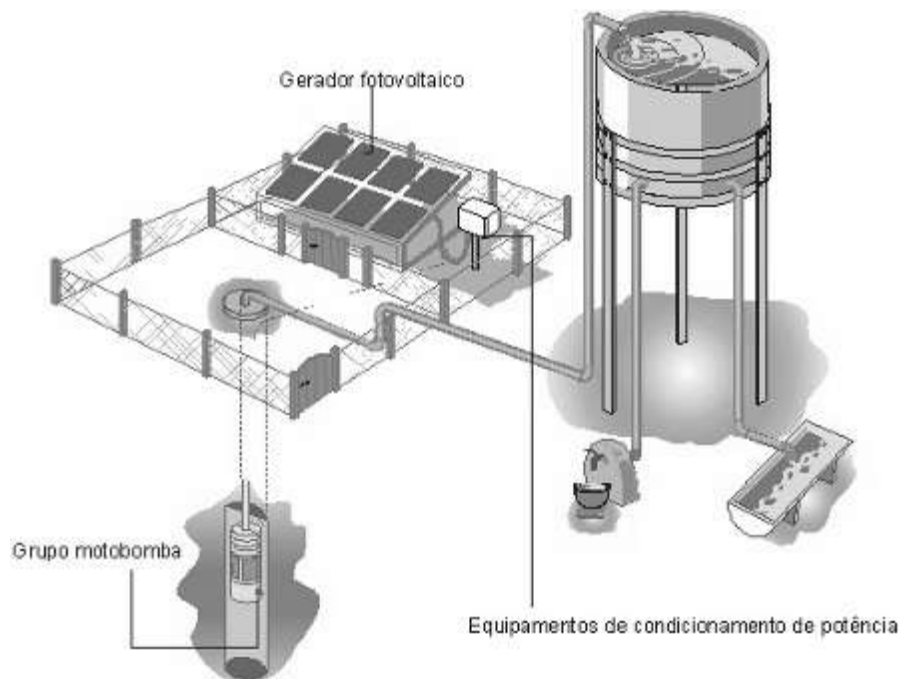


Figura 1 – Ilustração de um Sistema de bombeamento utilizando a energia solar como fonte de energia. (MELO et al, 2011).

O gerador fotovoltaico consiste em células solares que são compostas por materiais semicondutores, estas são responsáveis por transformar energia captada da radiação solar em energia elétrica através do efeito fotovoltaico.

O conjunto motobomba é responsável pelo bombeamento de água e opera sob a ação de uma fonte de energia elétrica. Os equipamentos complementares são todos os sistemas de conexão hidráulico e elétrico, ou seja, as tubulações e a fiação, também todo e qualquer equipamento utilizado para otimizar o funcionamento geral de bombeamento.



Os condicionadores de potência tem como função obter um excelente desempenho para cada aplicação e aumentar o tempo de vida útil do equipamento. É composto por controladores de carga e inversores de frequência.

O controlador terá a função de manter a tensão de saída constante, sendo sua corrente de saída contínua. Neste caso o acionamento do sistema de bombeamento poderá ser realizado unicamente com a utilização de motobombas CC. Para se utilizar motobombas CA é necessária a conversão de tensão/corrente contínua para alternada. Esta conversão será possibilitada pelo inversor de frequência, resultará em uma considerável redução de custos, pois os motores CA tem um menor valor e manutenção comparados aos motores CC.

4. CONVERSOR CC-CA

Os conversores CC em CA são conhecidos como inversores. A função de um inversor consiste em converter uma tensão de entrada CC em uma tensão de saída CA simétrica de amplitude e frequência desejadas. A tensão de saída pode ser fixa ou variável em uma frequência também fixa ou variável (RASHID, 1993).

A tensão de saída tem uma forma de onda periódica que, embora não-senoidal, pode, com uma boa aproximação, chegar a ser considerada como tal. Há muitos tipos de inversores, classificados de acordo com o número de fases, com a utilização de dispositivos semicondutores de potência, com os princípios de comutação e com as formas de ondas de saída (AHMED, 2000).

O inversor compõe o principal componente para a utilização do sistema de bombeamento através da energia solar. A topologia adotada para ser utilizada neste trabalho para o acionamento do sistema de bombeamento é a do conversor *push pull*, por ser um conversor eficiente, possuir um baixo custo, funcionamento simples e ter diversas aplicações. Este inversor é constituído basicamente por um transformador, e dispositivos semicondutores de potência, os IGBT's e diodos, observe a figura 2.

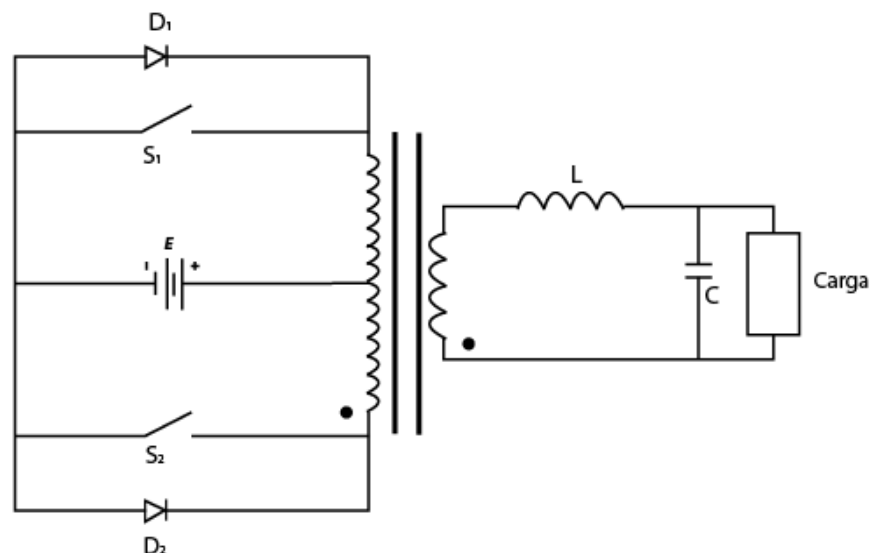


Figura 2 - Topologia do conversor PUSH-PULL.

Aplicando a corrente contínua, vinda dos painéis fotovoltaicos, no enrolamento central do primário é necessário a utilização de chaveamentos para possibilitar uma variação de fluxo comum entre os enrolamentos primário e secundário. As etapas de chaveamento podem ser analisadas da seguinte forma:

- Quando apenas a chave S1 encontrar-se fechada, existirá uma tensão V_0 no enrolamento secundário, veja a figura 3.

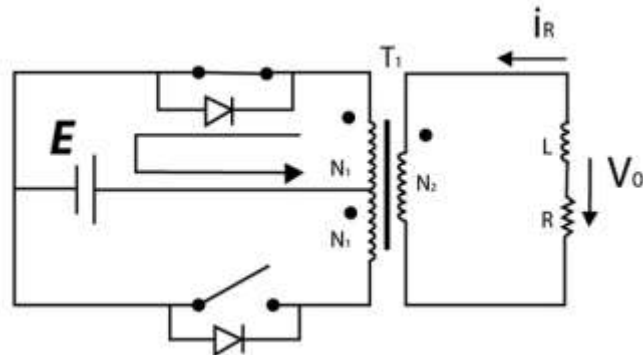


Figura 3 - circuito com apenas a chave S1 fechada.

- Quando as chaves S1 e S2 se encontrarem abertas simultaneamente não haverá variação de fluxo e conseqüentemente não haverá uma tensão no secundário. Este momento, denominado tempo morto ficará neste estado até que haja um acionamento de uma das duas chaves, observe a figura 4.

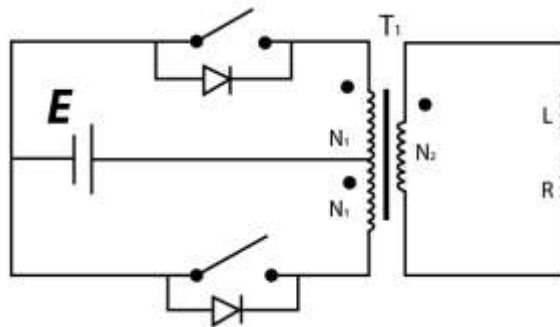


Figura 4 - Chaves S1 e S2 simultaneamente abertas (tempo morto).

- Quando apenas a chave S2 encontrar-se fechada, existirá uma tensão negativa V_0 no enrolamento secundário, analise a figura 5.

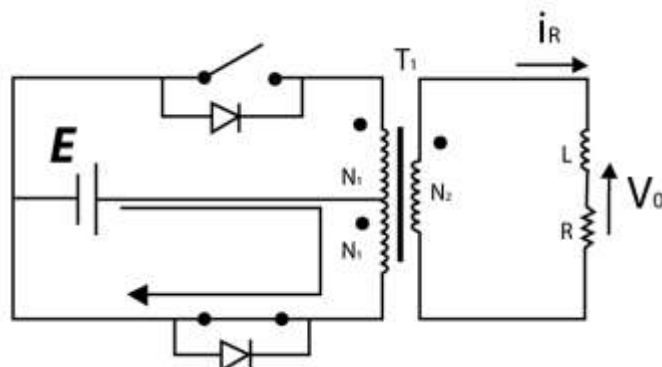


Figura 5- Circuito com apenas a chave S2 fechada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A frequência fixa de chaveamento adotada foi de 60Hz, pois o funcionamento das motobombas na maioria dos casos ocorre nessa faixa, por ser a frequência da rede de transmissão e distribuição de energia. Utilizando um circuito multivibrador astável com razão cíclica de 50% para gerar esta

frequência, que na sua saída ativará os drivers dos IGBT's, e conseqüentemente acionarão o chaveamentos dos IGBT's, observe a figura 6.

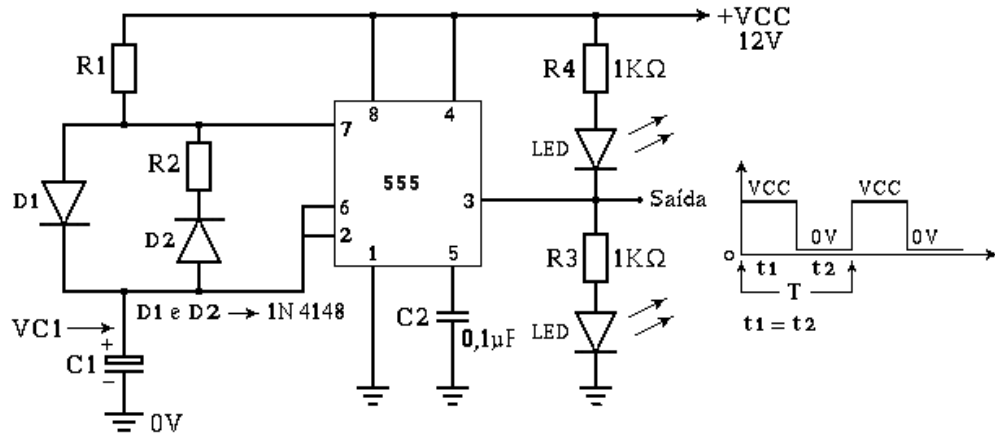


Figura 6 – Circuito gerador de pulso com razão cíclica de 50% (SOUZA, 2011).

Segundo Souza (2011), o cálculo da frequência de saída poder ser realizado da seguinte forma:

$$f = \frac{1,44}{[(R1 + R2) * C1]}$$

Com o acionamento dos IGBT's, a forma de onda que sairia no enrolamento secundário seria uma onda quadrada simétrica, mas o funcionamento pleno do motor monofásico CA está em um sinal com forma de onda senoidal. Através de uma simulação no software Multisim 11.0 é possível analisar o desenvolvimento do inversor e aprimoramento do sinal de saída utilizando filtros passivos com resultados satisfatórios. Observe a figura 6.

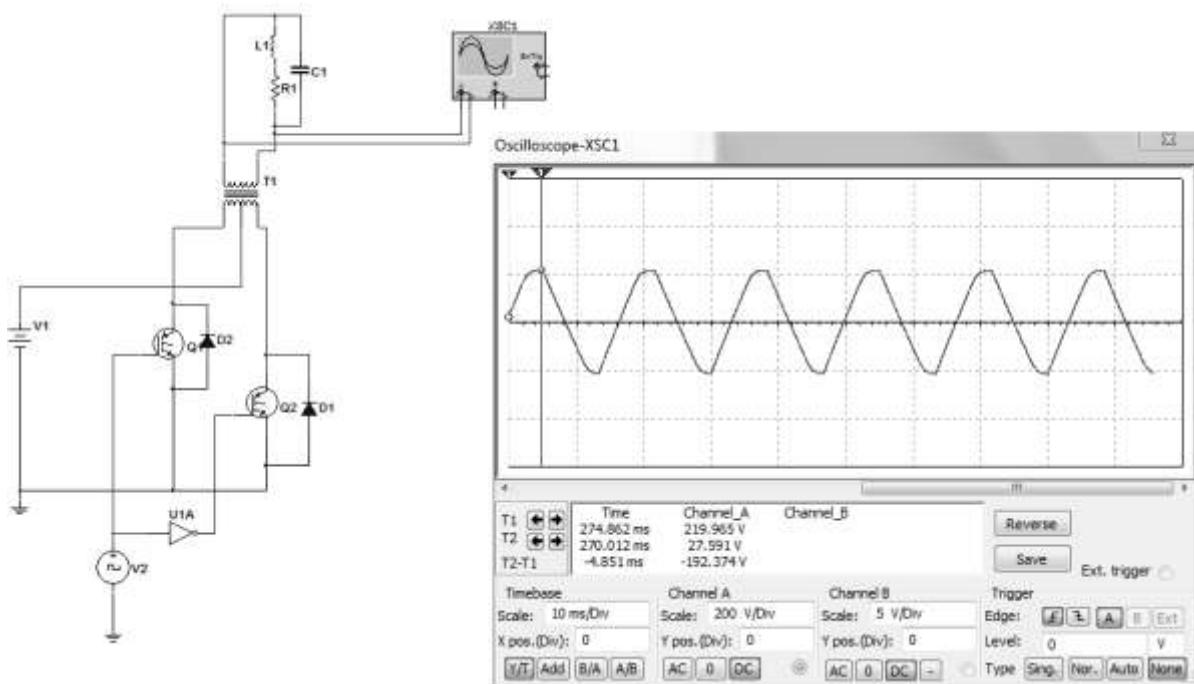


Figura 6 – Conversor Push Pull com filtro na saída. Escalas: 20ms/Div e 200V/Div.



6. CONCLUSÕES

Com a necessidade cada vez maior de soluções energéticas adequadas, a utilização da energia solar fotovoltaica tem uma grande importância neste cenário. Uma vez que é uma fonte primária de energia, e outras matrizes energéticas são suas derivadas, como por exemplo, vento, petróleo, gás, carvão, biomassa e entre outras.

A utilização e exploração dos potenciais regionais de forma sustentável promove o desenvolvimento regional no setor acadêmico, o qual incentiva pesquisas em áreas pouco exploradas no que diz respeito à produção de energias limpas.

Em diversas localidades, o acesso à água é precário muitas vezes pela ausência da rede de distribuição de energia elétrica. No entanto, a utilização do bombeamento através da energia solar fotovoltaica traz uma solução sustentável a esta problemática, uma vez que sua fonte, o Sol, é inesgotável na escala de tempo do homem e é gratuita a toda a sociedade.

A utilização de motores CA ao invés de CC traz grandes vantagens, tanto em manutenção quanto em custos do sistema de bombeamento. Durante este trabalho foi apresentada a ideia de utilização de um inversor de frequência com a topologia push pull no acionamento de um sistema de bombeamento de água utilizando a energia solar fotovoltaica.

Utilizando a plataforma de simulação de circuitos eletrônicos Multisim 11.0, percebe-se que a grande vantagem deste tipo de conversor está na sua eficiência, praticidade, fácil funcionamento, e a redução de custos que ele traz a todo o sistema de bombeamento.

A implementação de um protótipo deste tipo de conversor está sendo desenvolvida atualmente para um aprimoramento ainda maior na sua qualidade, melhoria nas perdas do sistema, onde se controlaria a corrente de saída e o desenvolvimento de um circuito de amortecimento nas chaves, evitando sobretensões nas mesmas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFPB, pelos laboratórios disponibilizados, ao professor José Ivan Carnaúba Accioly pelo apoio e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

AHMED, A. **Eletrônica de Potência**. Editora Pearson. São Paulo, 2000.

EPIA. **Photovoltaics in 2010**. Commission of the European Communities. Directorate General for Energy, Summary Report, 1996.

FREDRIZZI, M. C. **Fornecimento de água com sistemas de bombeamento fotovoltaico**. São Paulo, 1997.

MELO, J.; LOPEZ, G.; SOBREIRA, V. **Celpe vai Implantar Projeto Piloto de Sistema de Energia Solar para Bombear Água de Poços da Zona Rural de Pernambuco**. Disponível em: <http://jc3.uol.com.br/blogs/blogjamildo/canais/noticias/2011/11/16/celpe_vai_implantar_projeto_piloto_de_sistema_de_energia_solar_para_bombear_agua_de_pocos_da_zona_rural_de_pernambuco_118962.php>. Acesso em :14/06/2012.

MOHAN, N.; Underland, T. M.; ROBBINS, W. P. **Power Electronics: Converters, Applications and Design**. Jhon Willey & Sons. New York, 1995.

OI, A. **Design and Simulation of Photovoltaic Water Pumping System**. California Polytechnic State University, 2005.

RASHID, M. H.. **Power Electronics: Circuits, Devices and Applications**. Prentice Hall International, Inc., Englewood Cliffs, 1993.



SOUZA, I. J. **O Circuito Integrado 555**. Disponível em: <<http://ivairijs.vilabol.uol.com.br/CI-555.html>> Acesso em: 14/06/2012.