

## INVERSOR DE ONDA QUADRADA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE PEQUENO PORTE

Rafael Mateus Carvalho de Paiva<sup>1</sup>; Jandilson Almeida Bandeira<sup>1</sup>; Eric Guimarães Barbosa<sup>2</sup>; Melisse Pontes Cabral<sup>3</sup>, Tamires dos Santos Pereira<sup>4</sup>

1 Universidade Federal de Campina Grande, Graduando em Engenharia Elétrica, rafael.carvalho@ee.ufcg.edu.br; jandilson.bandeira@ee.ufcg.edu.br

2 Instituto Federal da Paraíba, Graduando em Engenharia da Computação, ericguimaraes@msn.com

3 Universidade Federal de Campina Grande, Graduanda em Ciência da Computação, melisse.cabral@ccc.ufcg.edu.br

4 Escola Técnica Redentorista, Eixo Tecnológico de Controle e Processos Industriais, tsantosp16@gmail.com

### Introdução

No Brasil e no mundo, a demanda por energia elétrica está aumentando cada vez mais e a tendência é que isso continue nas próximas décadas (MORAIS, 2015). A medida que o país cresce também aumenta a necessidade de uma maior produção de energia elétrica para poder suprir as indústrias, centros comerciais, residências, entre outros. Segundo um estudo da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), no ano de 2050, o consumo de energia elétrica no Brasil irá triplicar alcançando o valor de 1,624 TWh (Ministério do Planejamento, 2014).

A matriz energética brasileira, segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, consiste em sua maior parte de hidrelétricas que correspondem a 61,57%, seguida das termelétricas com 16,9%, depois vem a energia proveniente da biomassa com 9,4%, a eólica com 6,5%, a nuclear com 1,24% e por último a energia solar com apenas 0,015% (ANEEL, 2017). Pelas condições naturais do país de possuir regiões com grandes quedas d'águas e de grande potencial de geração de eletricidade, as hidrelétricas são a melhor forma de geração de energia para o Brasil. Além disso, essa forma de geração é considerada limpa apesar do impacto ambiental causado na região pela construção de uma usina desse tipo.

Com o aumento do consumo de energia e a falta de chuvas em algumas regiões do país, principalmente na Nordeste, o nível dos reservatórios caíram para valores críticos como o de Sobradinho que no final de Abril de 2017 se encontrava em torno de 16% de acordo com dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico, ONS. Esse fato fez com que diversas vezes o ONS acionasse as termelétricas para suprir a falta causada pelas hidroelétricas o que ocasionou um aumento do preço da energia, uma vez que o custo operacional das termelétricas é maior, além delas causarem maior impacto ao ambiente devido a emissão de gases causadores do efeito estufa.

Uma alternativa mais abundante, barata e limpa que as termelétricas é a utilização de energia solar fotovoltaica. O Brasil é um dos países que possuem um dos maiores potenciais para geração desse tipo de energia e ainda possui uma das maiores reservas do mundo de Silício que é o material utilizado na fabricação das células que geram energia a partir da luz solar (CABRAL; TORRES; SENNA, 2013). Quando comparado a Alemanha, umas das nações mais avançadas nesse tipo de energia, o país possui em sua região menos ensolarada, um potencial maior de geração do que a região mais ensolarada da Alemanha. Entretanto esse tipo de energia corresponde a menos de 1% da matriz energética nacional, devido ao alto custo dos painéis solares e outros equipamentos.

Uma característica dos sistemas fotovoltaicos é que eles geram uma tensão contínua, porém todos os aparelhos presentes nas residências funcionam com tensão alternada. Para poder fazer essa conversão de contínua para alternada, é necessário um equipamento denominado inversor, entretanto esse dispositivo não possui um preço muito acessível.

Com o objetivo de baratear o custo e incentivar o uso de energia solar, este trabalho propõe o desenvolvimento de um inversor de onda quadrada para utilização em sistemas fotovoltaicos de pequeno porte. Este tipo de inversor pode ser utilizado para alimentar lâmpadas fluorescentes compactas, eliminando a necessidade de energia elétrica proveniente da rede para iluminação residencial.

## Metodologia

Para desenvolvimento do inversor de onda quadrada foram utilizados os seguintes componentes: o circuito integrado, CI, timer 555 (TEXAS INSTRUMENTS, 2015), um transformador 12 V + 12 V para 220V, um transistor TBJ, dois transistores de efeito de campo (mosfet) (BOGART; THEODORE, 2001), capacitores e resistores.

O circuito consiste de aplicar ondas quadradas provenientes de uma bateria de 12V aos enrolamentos de 12 V do transformador, obtendo assim na sua saída uma onda quadrada com valor RMS de 220 V.

O CI 555 está configurado de modo a gerar uma onda quadrada numa frequência de 60 Hz com um valor médio de 12 V que é o mesmo valor no qual ele está sendo alimentado. Esse tipo de configuração pode ser encontrado no datasheet do componente.

O sinal gerado pelo CI sai do seu pino de saída e vai direto ao terminal gate de um dos mosfet do circuito. Esse mesmo pino de saída é ligado ao transistor TBJ que nesse caso funcionará como uma porta inversora, enviando para o outro mosfet, sempre o sinal invertido do pino de saída do CI. Logo quando o pulso de saída está em nível alto um mosfet conduz, se comportando como uma chave fechada enquanto o outro não, se tornando uma chave aberta. Quando a saída do 555 vai para nível baixo, o processo se inverte, fazendo os mosfets trocarem de estado.

Quando um mosfet está conduzindo a corrente sai do positivo da bateria de 12V e percorre metade da bobina do primário do transformador induzindo uma tensão no secundário com a mesma forma de onda do primário, com um valor médio de 220 V. Quando o outro mosfet está conduzindo, a corrente passa pela outra metade da bobina, porém em sentido contrário. Isso induz uma tensão no secundário igual a gerada anteriormente, porém no sentido oposto. Cada mosfet quando conduzindo, gera uma tensão na saída do transformador em sentidos opostos, resultando em uma tensão alternada com valor RMS de 220V com uma forma de onda quadrada.

Primeiramente o circuito foi montado no simulador ISIS, pertencente ao pacote Proteus (LABCENTER ELECTRONICS, 2017), para averiguar seu funcionamento. Em seguida, foi montado em uma *proto-board* e testado. Por fim, foi confeccionada uma placa de circuito impresso para acomodar os componentes. A placa e o transformador foram colocados todos em uma caixa, finalizando assim o protótipo do inversor.

## Resultados e discussão

Com o inversor já montado, foi ligada uma bateria 12 V à entrada do protótipo. Foi utilizada uma bateria pelo motivo dela poder simular um banco de baterias de um sistema solar fotovoltaico que normalmente opera com uma tensão contínua de 12 V. A saída do inversor foi conectada a uma ponta de prova de um osciloscópio para visualização da forma de onda do sinal. Na tela do osciloscópio foi possível observar um sinal alternado de 220 V

RMS com uma forma de onda quadrada, como já era esperado.

Por se tratar de um inversor de onda quadrada, o mesmo não pode ser utilizado para alimentar qualquer tipo de equipamento, devido a sua saída não ser uma onda senoidal. Seu uso é recomendável para alimentar cargas resistivas e lâmpadas incandescentes compactadas cujo circuito possui uma fonte chaveada. Logo o inversor proposto é designado para utilização em sistemas fotovoltaicos para iluminação residencial.

Nos testes realizados o protótipo funcionou perfeitamente quando lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas foram conectadas a sua saída. A potência máxima que ele pode fornecer é de 60W e é limitada pela potência do transformador utilizado.

## Conclusões

O projeto final apresentou o funcionamento esperado. Este tipo de inversor também chamado de inversor de onda quadrada é recomendado para usos com cargas resistivas e também pode ser utilizado com lâmpadas incandescentes compactas.

Como ele fornece uma potência máxima de 60 W, pode-se utilizá-lo num sistema fotovoltaico para iluminação residencial. Para uma maior potência, basta trocar o transformador utilizado por um de maior potência e com isso é possível aumentar o número máximo de lâmpadas que o equipamento pode alimentar. Um ponto a destacar é o ruído emitido pelo transformador já que a onda não é senoidal.

**Palavras-Chave:** Inversor; Onda Quadrada; Sistema Fotovoltaico.

## Referências

- MORAIS, Luciano Cardoso. **Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e tendências futuras**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, São Paulo
- Ministério do Planejamento, **Demanda por eletricidade no Brasil vai triplicar até 2050**. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/noticia/13554306>>. Acesso em 28 de abril de 2017.
- ANEEL, **Matriz de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em 28 de abril de 2017.
- CABRAL, I. S.; TORRES, A. C.; SENNA, P.R. **Energia Solar – Análise Comparativa entre Brasil e Alemanha**. IV Congresso Brasileiro De Gestão Ambiental. Salvador, 2013.
- Texas Instruments, **LM555 Timer**. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm555.pdf>>. Acesso em 26 de abril de 2017.
- [6] BOGART JR., THEODORE F. **Dispositivos e circuitos eletrônicos volume II**. 3.ed. São Paulo: Makron Books, 2001. 463p
- Labcenter Electronics, **Proteus Design Suite**. Disponível em: <<https://www.labcenter.com/>>. Acesso em 28 de abril de 2017.