

Estudo de um conversor de potência para gerador eólico de pequeno porte

Study of a power converter for small wind generator

RESUMO

Matheus Variani Casagrande
matheuscasagrande@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Alceu André Badin
handreh@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

O estudo desse artigo teve como finalidade desenvolver um conversor de potência CA-CC para um gerador eólico síncrono de ímã permanente com potência nominal de 3 kW, frequência de saída variável e tensão de fase de aproximadamente 100V. Para isso foi utilizado o circuito de um no-break de 20 kVA, que suporta a potência nominal do gerador e que pode ser programado para realizar a comutação do circuito. No desenvolvimento do conversor foi utilizada uma topologia isolada com uma ponte retificadora trifásica, 8 chaves IGBT de comutação e dois transformadores de razão 1:1 para realizar o isolamento. Dessa forma, obteve-se um circuito com alto fator de potência, confiabilidade, segurança e com uma eficiência de até 90% próximo a sua potência nominal.

PALAVRAS-CHAVE: Energia. Renovável. Topologia.

ABSTRACT

This article aims to present the results obtained in the development of an AC-DC power converter for a permanent magnet synchronous wind generator with a nominal power of 3 kW. For this, an isolated topology was used using a three-phase bridge rectifier, 8 IGBT switching switches and two 1: 1 ratio transformers to perform the isolation. In this way, a circuit was obtained with a high power factor, reliability, safety and with an efficiency of up to 90% close to its nominal power.

KEYWORDS: Energy. Renewable. Topology.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

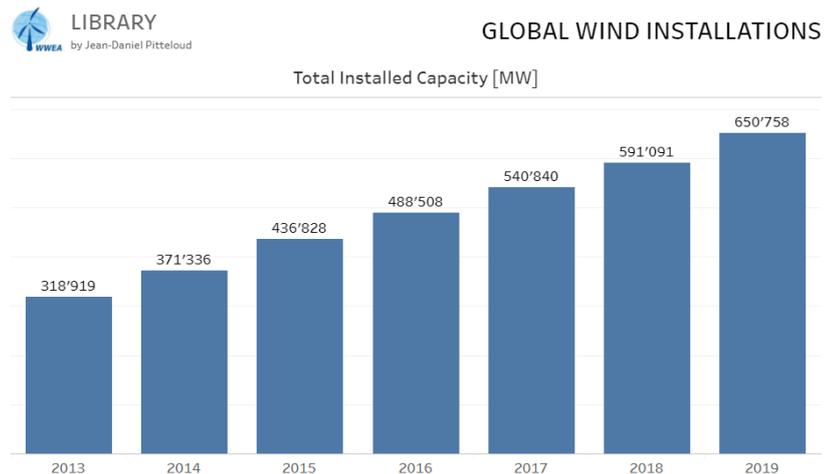
Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Segundo dados da WWEA (*World Wind Energy Association*), no ano de 2019, foram instalados aproximadamente 59,7 GW de novas usinas eólicas pelo mundo, totalizando uma extração de energia cinética dos ventos de 650,8 GW, como mostra a figura 1.

Figura 1 – Potência instalada de geradores eólicos no mundo.



Fonte – Jean-Daniel Pitteloud WWEA (<https://library.wwindea.org/global-statistics/>)

Como é se observa na figura acima, a potência instalada de aerogeradores pelo mundo vem aumentando com o passar dos anos, evidenciando a importância dessa fonte de energia no cenário mundial. Dessa forma, compreender o seu funcionamento e desenvolver métodos para a extração da energia dos ventos tem sua importância cada vez mais reconhecida no meio acadêmico e industrial.

O objeto de estudo desse trabalho é um modelo de conversor de potência para geradores eólicos com potência de até 3kW, tensão de entrada alternada e frequência variável, tensão de saída contínua (permitindo a implementação de um inversor), alto fator de potência e eficiência elevada.

O aerogerador funciona convertendo a energia cinética dos ventos em energia de rotação através das suas pás. Essa energia é transmitida para o eixo de rotação de um gerador (podendo existir uma caixa de engrenagens no processo) e em seguida convertida em energia elétrica.

A energia elétrica proveniente da geração eólica necessita ser convertida pois apresenta frequência e tensão variável (dependendo da velocidade de rotação do aerogerador) e não pode ser ligada diretamente na rede de distribuição de energia. Para isso são utilizados conversores de potência CA-CC que irão retificar esses sinais elétricos e estabilizar os níveis de tensão de saída, permitindo a sua conexão com inversores de frequência e assim possibilitando o acoplamento do sistema com a rede de distribuição de energia elétrica.

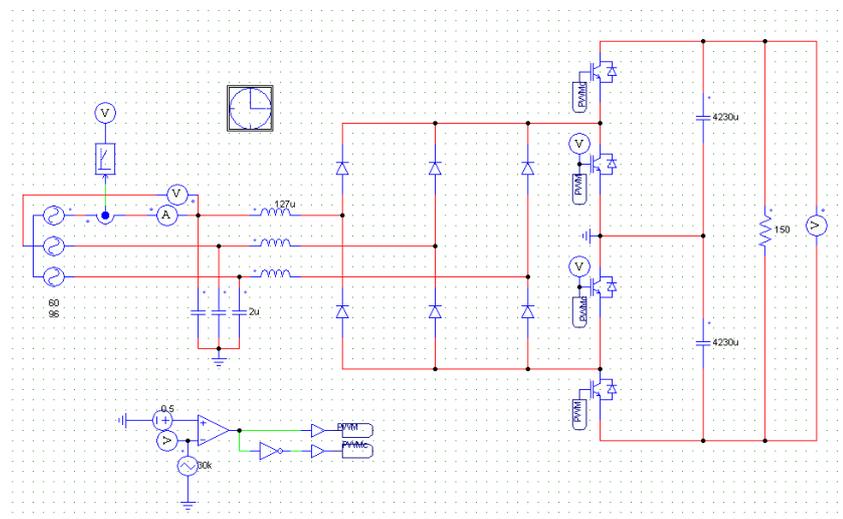
MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do conversor de potência foi necessária a utilização de uma placa de circuitos que suportasse a potência máxima do gerador eólico. Para isso foi utilizado como base o circuito de um no-break de 20 kW que, apesar de estar superdimensionado, estava disponível para a utilização no laboratório de eletrônica de potência da UTFPR.

A primeira etapa da conversão da energia é a retificação da tensão alternada do gerador eólico. Sabendo que o gerador presente no sistema utilizado é um gerador síncrono de ímã permanente trifásico, sabe-se que as suas tensões de saída serão alternadas e defasadas em 120° . Utilizando uma ponte retificadora trifásica (circuito constituído por 6 diodos e um capacitor) e sabendo que a tensão do de fase máxima do gerador é de 96 V, o circuito deve ser dimensionado para a tensão de pico do sistema, ou seja $\sqrt{2} * 96 V = 136 V$.

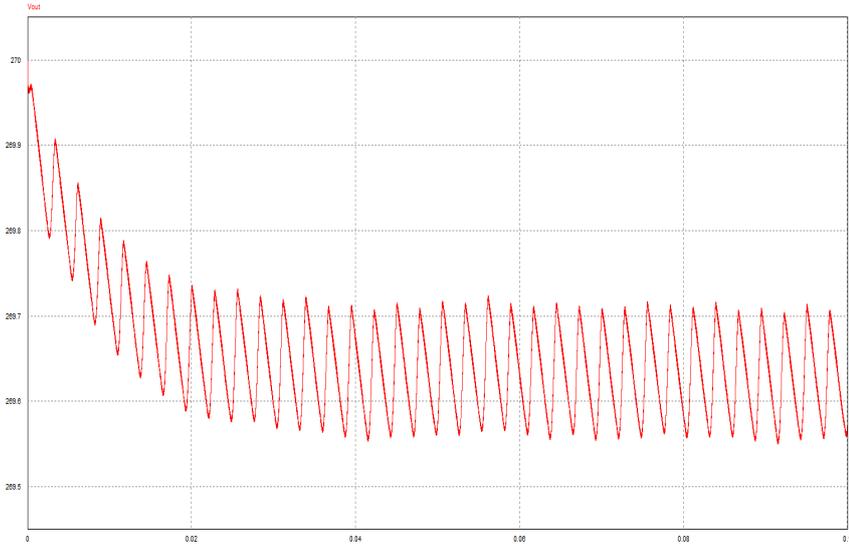
Em seguida simulou-se o circuito retificador juntamente com as chaves comutadoras do sistema, conforme a figura 1. Nesse circuito existem quatro chaves interligadas, que serão acionadas duas a duas defasadas em 180° , formando duas ondas PWMs complementares. A tensão de saída do sistema é representada na figura 2 e apresenta uma variação de tensão de aproximadamente 0,13 V.

Figura 1 – Circuito de retificação com chaves comutadoras.



Autoria do Próprio Autor (2019) – Software PSIM

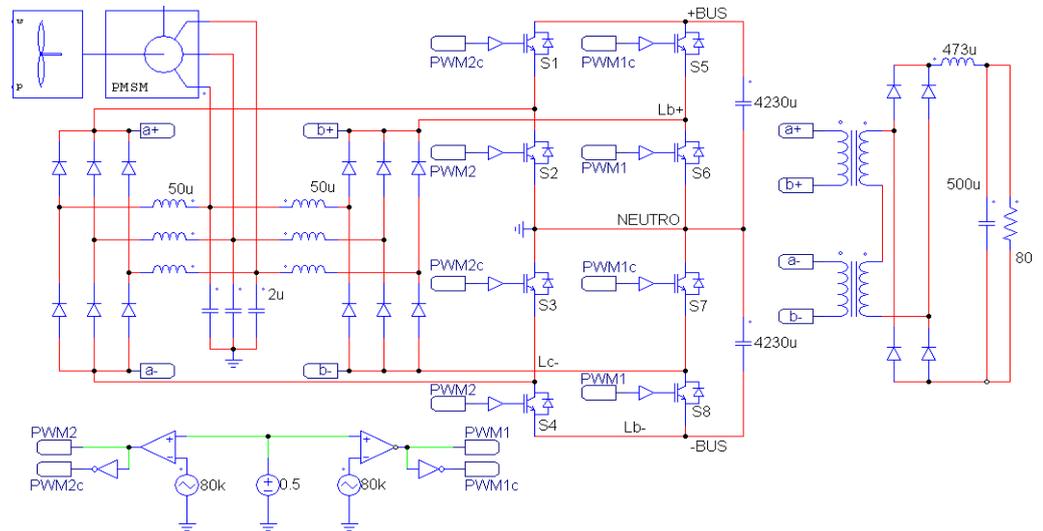
Figura 2 – Tensão de saída do circuito retificador com chaves.



Autoria do Próprio Autor (2019) – Software PSIM

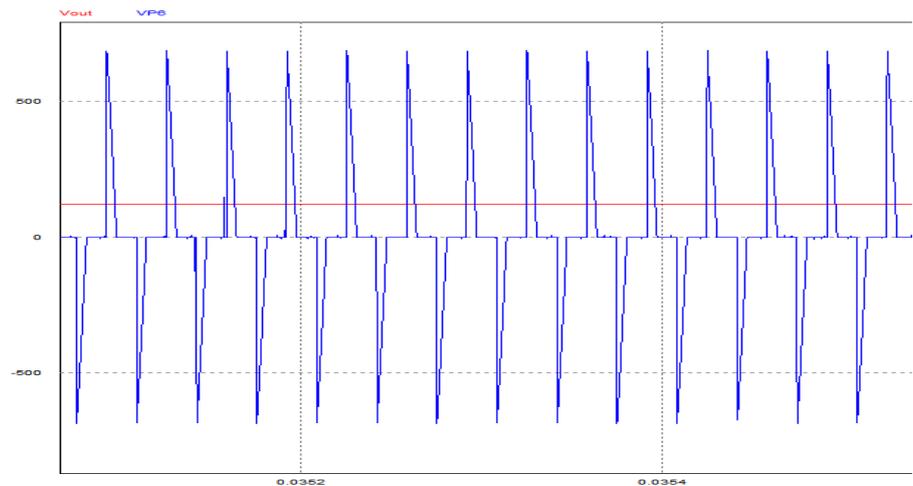
Utilizando como referência o circuito desenvolvido na tese de doutorado de Granza (2020), foi elaborado o circuito de saída do retificador, que consiste em um circuito que realiza o isolamento entre as chaves comutadoras e o circuito de saída. Esse circuito isolador irá impedir que uma falha de um dos lados do circuito interfira no funcionamento e na integridade do outro lado. Para isso, utilizou-se dois transformadores de razão 1:1 como mostrado na figura 3. O circuito foi simulado e as formas de onda das saídas estão representadas na figura 4.

Figura 3 – Circuito completo do conversor de potência.



Autoria do Próprio Autor (2019) – Software PSIM

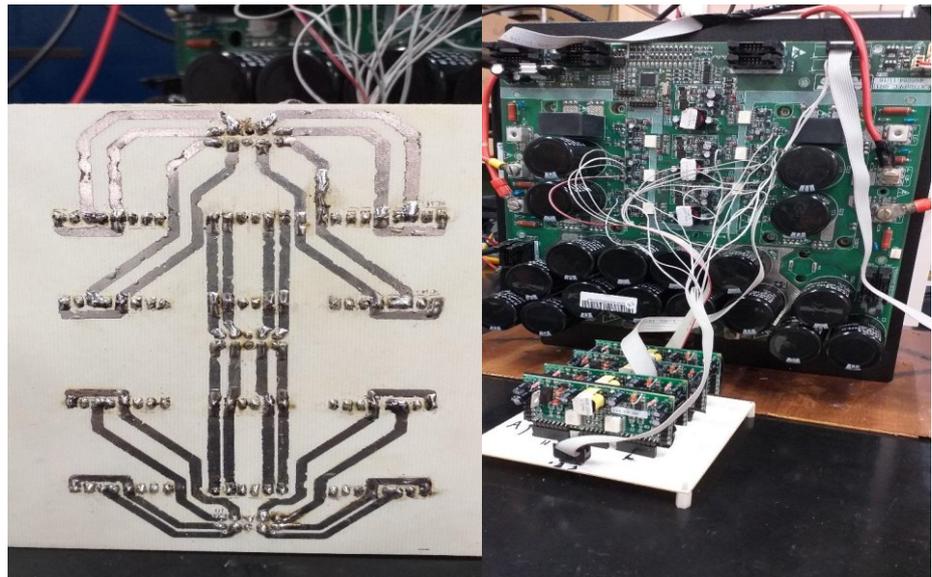
Figura 4 – Tensão de saída do transformador (Azul) com pico de 684 V e a tensão de saída do conversor (Vermelho) com tensão média de 121,8 V.



Autoria do Próprio Autor (2019) – Software PSIM

Constatando o correto funcionamento do circuito realizou-se a implementação do sistema no módulo do no-break, como mostra a figura 5 e 6.

Figura 5 e 6 – Circuito com os módulos de comando PWM ligado ao conversor.

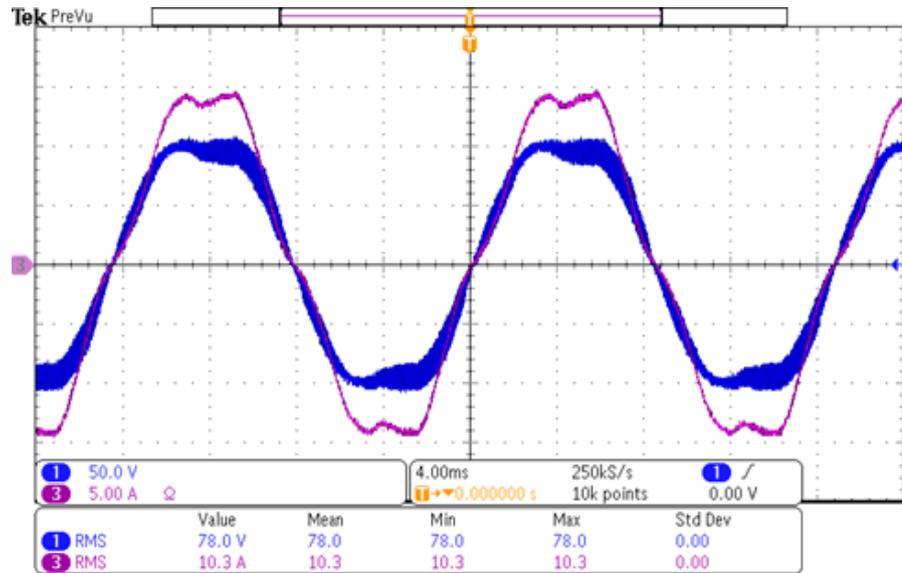


Autoria do Próprio Autor (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

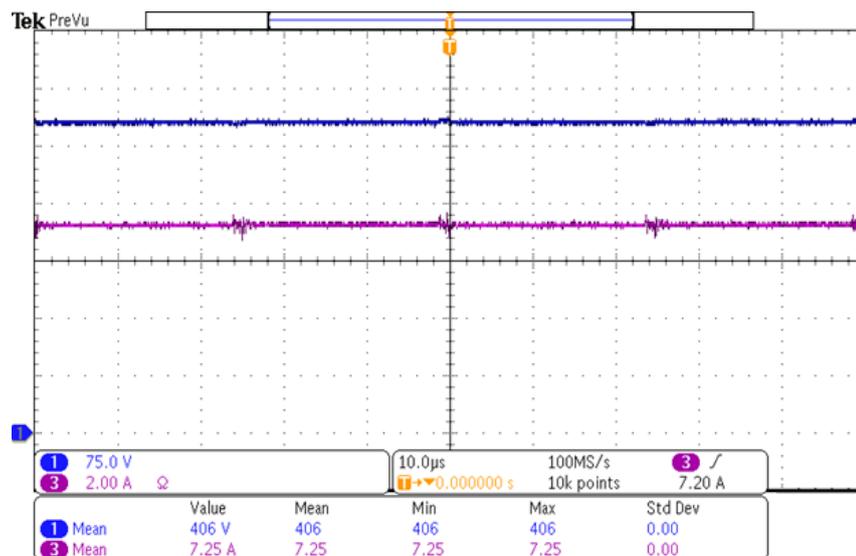
Utilizando uma carga de 52 Ohms e uma frequência de comutação de 20 kHz foi realizada a ligação e medição real do circuito. A tensão de saída do experimento foi de 400 V, gerando uma potência de saída de aproximadamente 3 kW. Foram realizadas diversas medições para constatar o correto funcionamento do circuito, porém apenas as mais relevantes são mostradas a seguir.

Figura 7 – Tensão e corrente em uma fase.



Autoria do Próprio Autor (2019) – Osciloscópio Tektronix

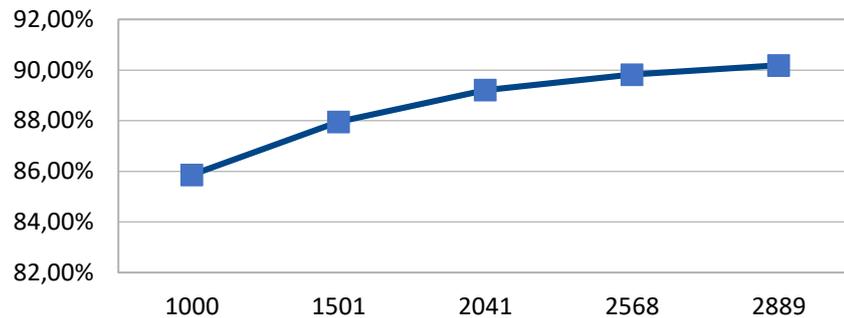
Figura 8 – Tensão e corrente na carga.



Autoria do Próprio Autor (2019) – Osciloscópio Tektronix

Por fim foi levantada uma curva de rendimento mantendo a tensão de saída em 400 V. Para isso foi manipulada a resistência da carga e a tensão de entrada do circuito, gerando o gráfico da figura 9. Deve-se destacar que não foi possível realizar o teste até a potência nominal do conversor pois o Variac do laboratório apresentou um grande aquecimento e poderia ser danificado.

Figura 9 – Curva de rendimento para diferentes potências.



Autoria do Próprio Autor (2019).

CONCLUSÃO

Podemos concluir que o objetivo de confeccionar um conversor de potência CA-CC foi concluído com êxito, devido ao alto fator de potência atingido, da boa eficiência alcançada, da boa segurança e confiabilidade do circuito e de possuir um custo não muito elevado.

Com o aprimoramento dos conversores de potência para aerogeradores de pequeno porte a implementação dos geradores eólicos torna-se cada vez mais atraente, devido a uma maior eficiência, maior confiabilidade e custo-benefício do sistema.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à Fundação Araucária por ter concedido a bolsa de estudos, aos professores Drs. Alceu André Badin e Roger Gules pelas instruções e esclarecimentos para a realização do trabalho e à toda a equipe do laboratório de eletrônica de potência da UTFPR pela ajuda com os problemas do desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

GRANZA, Marcelo Henrique. **Conversores CA-CC multiníveis do tipo boost com elevado fator de potência e operação em condução descontínua: estudo de topologias monofásicas, trifásicas, não isolados e isoladas**. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

World Wind Energy Association (WWEA) – **World wind capacity at 650,8 GW, Corona crisis will slow down markets in 2020, renewable to be core of economic stimulus programmes**. 16 de Abril de 2020 – site: <https://wwindea.org/blog/2020/04/16/world-wind-capacity-at-650-gw/>