DESENVOLVIMENTO DA ESTRUTURA DE UM INVERSOR DE FREQUÊNCIA DIDÁTICO COM FOCO EM APLICAÇÕES EDUCACIONAIS

DEVELOPMENT OF A DIDACTIC FREQUENCY INVERTER STRUCTURE FOCUSED ON EDUCATIONAL APPLICATIONS

Fabiano Santana da Silva, Gabriel Oliveira Inácio Silva, Giovani De Sá Viana Soares Lima, Leonardo Figueiredo Santos, Alexandre Shozo Ounki

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia Elétrica
E-mail para contato: giovani_viana96@hotmail.com

RESUMO – A utilização de inversores de frequência tem se destacado como uma solução eficaz e versátil no controle da velocidade dos motores de indução, assim como o aumento da eficiência energética, redução de custos de manutenção e aumento da produtividade, portanto, tal dispositivo tornou-se conteúdo obrigatório nos cursos de engenharia elétrica, porém existem poucos dispositivos dedicados a área acadêmica. O objetivo deste trabalho é desenvolver a estrutura de um protótipo didático de um sistema de controle de frequência (inversor de frequência), com o intuito de demonstrar ao aluno as etapas desde a alimentação CA, conversão em CC e modulação PWM, possibilitando a fácil visualização das etapas do processo em questão.

Palavras-chave: PWM, Laboratório, Acionamento de Motores, educacional

ABSTRACT – The use of frequency inverters has stood out as an effective and versatile solution for controlling the speed of induction motors, as well as increasing energy efficiency, reducing maintenance costs and increasing productivity. Therefore, such devices have become mandatory content in electrical engineering courses, but there are few devices dedicated to the academic area. The objective of this work is to develop a didactic prototype of a frequency control system (frequency inverter), in order to demonstrate to the student the steps from AC power supply, DC conversion and PWM modulation, enabling easy visualization of the steps of the process in question.

Keywords: PWM, Laboratory, Motor Drive, Educational

Tipo do trabalho: ( ) Iniciação científica (x) Iniciação tecnológica ( ) Extensão

1 INTRODUÇÃO

Os motores de indução trifásico desempenham um papel em diversas áreas da indústria e do cotidiano humano. Sua utilização abrange desde aplicações industriais até dispositivos domésticos, destacando-se como uma das tecnologias mais essenciais para a geração de força motriz, o uso dos inversores de frequência tem se destacado como uma solução eficaz e versátil para controlar a velocidade e o torque dos motores de forma precisa. Diante desse cenário, é importante que os alunos universitários tenham familiaridade com o uso dos inversores de frequência desde cedo em sua formação acadêmica.

O objetivo deste trabalho é desenvolver a estrutura de um sistema de controle de frequência (inversor de frequência), com o intuito de demonstrar ao aluno as etapas desde a alimentação CA, conversão em CC e modulação PWM, possibilitando a fácil visualização das etapas do processo em questão. Além disso, todo este circuito será disposto em uma bancada didática no laboratório para a apreciação dos universitários para a realização de testes e compreensão do funcionamento prático.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os tópicos a seguir demonstram a metodologia utilizada neste trabalho, identificando os principais pontos do estudo, que vão desde levantamento das técnicas existentes, avaliação das opções, montagem e testes do protótipo e ajustes finais para a utilização no âmbito acadêmico.

- Levantamento das topologias do inversor de frequência, assim como suas aplicações;
- Estudo para seleção do tipo adequado de topologia para confecção do inversor;
- Desenvolvimento e testes do circuito em ambiente computacional;

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir foram apresentados o resumo do desenvolvimento do protótipo realizado.

3.1 Estrutura do Sistema de Controle de Frequência

A estrutura do controle de um inversor de frequência é composta por módulos para geração de onda triangular, defasador e para a comparação dos sinais (triangular e senoidal proveniente de fonte externa), a figura 1 ilustra um exemplo deste tipo de modulação.

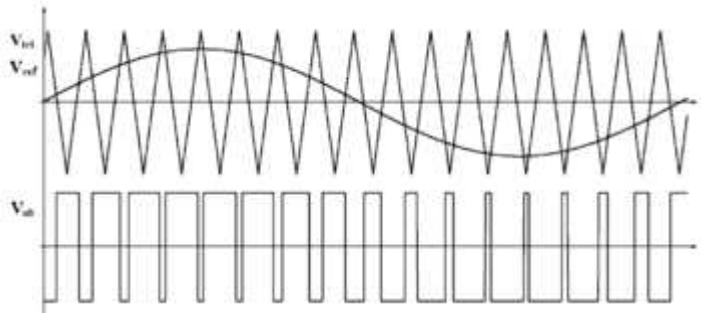


Figura 1 – Comparação entre a moduladora e a portadora (PETRY, 2009)

3.1.1 Descrição da Estrutura do sistema de controle de frequência

Foi desenvolvido um projeto eletrônico que integra um gerador de onda triangular com os circuitos comparador e defasador de sinais, com o objetivo do controle do módulo PWM.

a) Gerador de onda triangular

No caso do gerador de onda triangular com frequência de até 10kHz, vale destacar que a precisão na geração dessa forma de onda afeta diretamente a qualidade da modulação e impacta o desempenho do inversor de frequência, na figura 02 é apresentado um modelo básico.

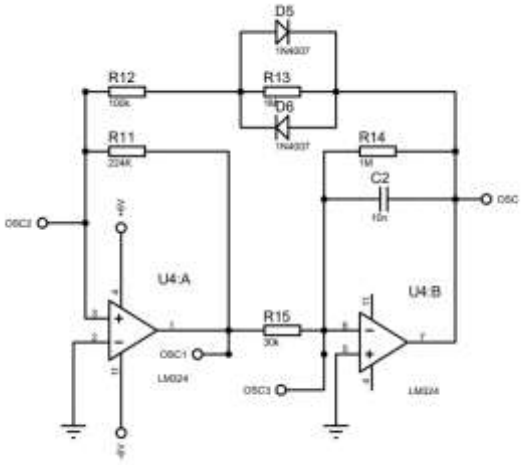


Figura 2 - Gerador da onda triangular (AUTORES, 2024)

b) Circuito comparador

O circuito comparador, por sua vez, utiliza um amplificador operacional como componente principal, destinado a comparar a onda senoidal de referência variável com a onda triangular e gerar os pulsos que acionam o IGBTs do circuito de potência, na figura 3, ilustra um modelo básico para tal função.

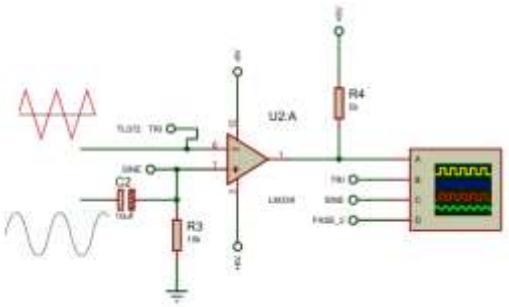


Figura 3 – Circuito Comparador (AUTORES, 2024)

c) Circuito defasador

Um circuito defasador de onda senoidal trifásico é projetado para gerar três formas de onda senoidais separadas por um ângulo de 120º elétricos entre si. No caso deste projeto, o circuito visa produzir uma diferença de fase entre o sinal de entrada e o sinal de saída sem alteração na sua magnitude, na figura 4 é ilustrado o modelo base para o desenvolvimento.

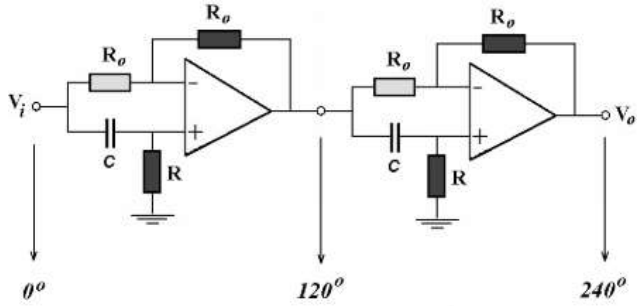


Figura 4 – Circuito defasador (UFCG, 2019)

3.1.2 Testes da Estrutura do Sistema Integrado

Com a junção dos circuitos, foi obtido um resultado satisfatório no sistema PROTEUS, com a simulação SPWM eficiente, na figura 5 é possível verificar o funcionamento do sistema.

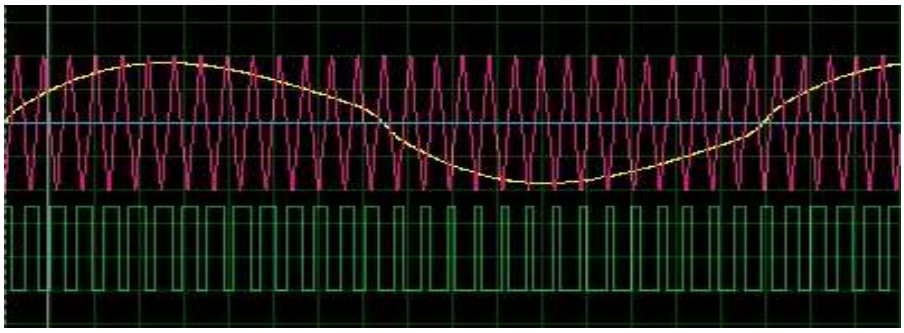


Figura 5 – Simulação SPWM no *software* PROTEUS em uma das fases (AUTORES, 2024)

A figura 6 ilustra detalhes do processo de chaveamento realizado nas três fases, no desenho apresentado é possível verificar a interação entre as ondas senoidais e a triangular.

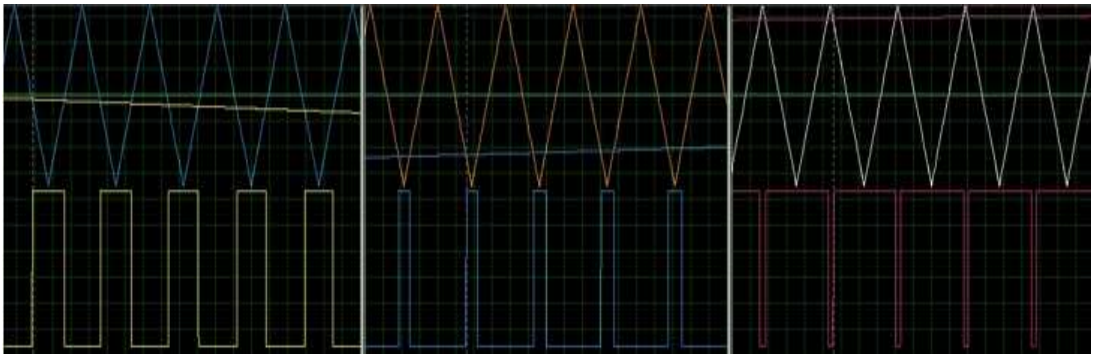


Figura 6 – Simulação SPWM no *software* PROTEUS nas três fases (AUTORES, 2024)

A simulação realizada no software PROTEUS para o inversor de frequência obteve resultados satisfatórios, com ondas senoidais defasadas em 120º, apresentando mínima distorção, conforme ilustra a figura 7. A forma das ondas senoidais geradas mostrou-se praticamente ideal, garantindo uma defasagem correta e uma boa qualidade de sinal. No entanto, é importante ressaltar que, embora os testes no ambiente simulado tenham sido positivos, no protótipo físico podem ocorrer leves distorções, devido às variáveis inerentes aos componentes eletrônicos e às limitações do sistema real.

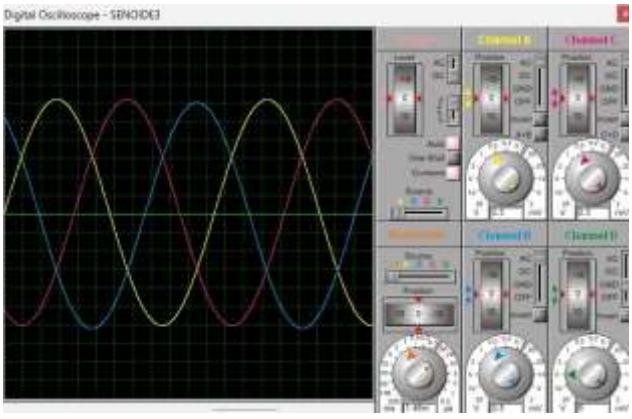


Figura 7 - Simulação das três fases defasadas em 120º (AUTORES, 2024)

4 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos foi satisfatório, foi possível verificar que o sistema proposto poderá ser utilizado como equipamento didático. No entanto, melhorias serão implementadas no projeto final para aumentar a precisão e a eficiência do sistema. Esses ajustes garantirão um desempenho otimizado na versão definitiva.

5 REFERÊNCIAS

A seguir foram apresentados os principais referência bibliográfica utilizadas no trabalho.

1. DOS SANTOS, R. B. Gerador de onda triangular. Disponível em: < https://www.bairrospd.com/_files/ugd/83ad1e_d185c0eae72d493c841a2dd2f33ecd45.pdf> Acesso em 03 jun. 2024.
2. DOS SANTOS. R. B. Gerador de PWM simples e eficaz para amplificadores e inversores. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RDMsrNzF3zA> Acesso em 03 jun. 2024.
3. PETRY, C. A. Modulação PWM, disponível em < https://www.professorpetry.com.br/Ensino/Repositorio/Docencia_CEFET/Eletronica_Potencia/2013_2/Apresentacao_Aula_19.pdf> Acesso em 03 jun. 2024.
4. UFCG - Universidade Federal de Campina Grande. Experimento 2: Amplificador Operacional. 2019. Disponível em: < https://liraeletronica.weebly.com/uploads/4/9/3/5/4935509/eletronica_experimento_guia_2_2019.pdf> Acesso em: 12 ago. 2024.