

## INVERSOR DE FREQUÊNCIA ESCALAR DE BAIXO CUSTO PARA MOTORES MONOFÁSICOS

Gustavo Peli da Silva<sup>1</sup>; Abel Fidalgo Alves<sup>2</sup>

**RESUMO:** O avanço da eletrônica de potência permitiu o desenvolvimento dos inversores de frequência que atualmente é o equipamento mais utilizado para se controlar e monitorar motores elétricos de indução, devido a isto, esse projeto teve por objetivo o desenvolvimento de um Inversor de Frequência, visando redução de custos através da utilização de componentes de fácil aquisição adquiridos em empresas via internet. Foi desenvolvido um Inversor de Frequência com controle escalar, que tem a função de controlar a velocidade de motores monofásicos, para tanto foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre determinados assuntos dentro da Eletrônica de Potência e Informática Industrial, como Modulação PWM e PWM Bipolar, Retificadores, Ponte Inversora, Controle Escalar, entre outros. Com a realização deste projeto, todos os objetivos foram alcançados, assim tendo ao término os circuitos internos do inversor de frequência com componentes comuns e de baixo custo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inversor de Frequência; Motores Monofásicos; Variação de Velocidade

### 1 INTRODUÇÃO

Segundo Franchi (2008, p. 15) “Os Inversores de Frequência ocupam cada vez mais espaço no ambiente industrial para controle de velocidade, torque, economia de energia, entre outras aplicações”. Assim, esse projeto visou a redução de custo desse equipamento, através de seu desenvolvimento, tornando um Inversor de Frequência mais acessível às indústrias de pequeno porte.

Foram realizadas várias pesquisas bibliográficas para entender o funcionamento eletrônico interno de um Inversor de Frequência e de seus componentes, realizando-se na sequência, um levantamento de preços em lojas específicas de materiais eletrônicos, na cidade de Maringá e sites de produtos relacionados, nos quais os componentes de fácil aquisição foram analisados para possível utilização na construção do projeto.

Portanto, com a conclusão deste projeto, espera-se obter uma redução de custo nos Inversores de Frequência, tornando-os mais acessíveis às indústrias de pequeno porte e equipamentos em geral, que usufruem de motores elétricos monofásicos, visando a rapidez do processo, redução de consumo de energia, aumento da eficiência, aumento na produção e redução de custo nas diversas áreas da produção industrial.

---

<sup>1</sup> Discente do Curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Universitário de Maringá – CESUMAR, Maringá – Paraná. Programa de Bolsas de Iniciação Científica do Cesumar (PROBIC). [gustavopeloi@hotmail.com](mailto:gustavopeloi@hotmail.com)

<sup>2</sup> Orientador e Docente do Centro Universitário de Maringá – CESUMAR. [abelalves@gmail.com](mailto:abelalves@gmail.com)

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico sobre Eletrônica de Potência e Informática industrial, relatando os princípios e funcionamentos que regem: o Inversor de Frequência “Escalar”, Motores Monofásicos, Retificadores de Energia, Conversores DC/DC tipo Boost e Modulação PWM e PWM Bipolar. Feito isso, foi realizado um fichamento, selecionando alguns circuitos necessários para o projeto.

Em seguida foi feita uma pesquisa de campo nas lojas de componentes eletrônicos da cidade de Maringá e em sites de vendas de produtos eletrônicos, buscando componentes do Inversor de Frequência a serem substituídos por outros de baixo custo e fácil aquisição, para que, em seguida, com os dados dos novos componentes, se fizesse uma adaptação dos circuitos aos mesmos.

Por fim, foram desenvolvidos os circuitos eletrônicos do Inversor de Frequência no programa Eagle PCB, averiguando, via simulação, se o funcionamento estava conforme o esperado.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 CIRCUITOS DESENVOLVIDOS

O Circuito interno da Figura 1 foi desenvolvido para selecionar a tensão de entrada da rede de alimentação do inversor, 127V ou 220V. Essa seleção é feita por divisores resistivos que de acordo com a tensão de entrada irá ou não saturar os transistores Q1 e Q2, assim ativando ou não o Relé que irá proteger o circuito para a dobradura da tensão. Este circuito também contém uma proteção contra corrente In-Rush com o Indutor L2 e o relé K1 que irá ou não ligar o resistor de potência R9 em série com a rede.



Figura 1. Circuito de Proteção In-Rush e Seletor Automático de Tensão.

O Circuito da Figura 2 é um circuito que retifica a entrada, deixando de ser neste processo uma corrente alternada e passa a ser corrente contínua devido à ponte retificadora B2, os capacitores neste circuito servem somente para filtro melhorando assim a continuidade da corrente.

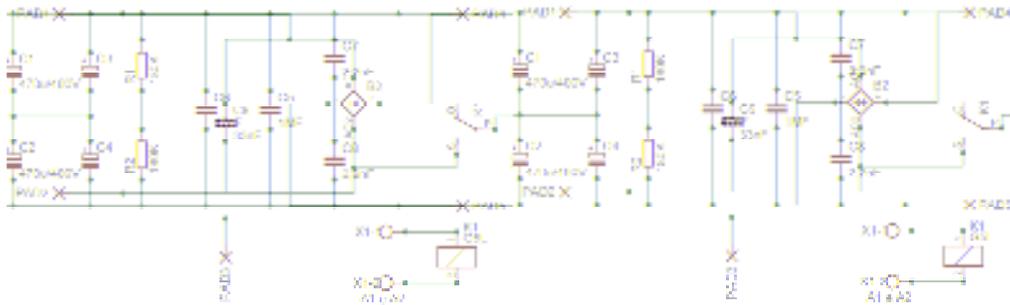


Figura 2. Circuito Retificador e Filtro.

O circuito da Figura 3 é o circuito responsável por gerar uma onda alternada através da corrente contínua adquirida após a retificação, este processo é feito para poder controlar a velocidade da carga, esta onda é gerada através de pulsos SPWM dos circuitos de controle enviadas para o Gate dos conjuntos de Transistores do tipo MOSFET que irão atuar conforme a frequência desejada, assim simulando duas fases alternadas, cada quádruplo de transistores representa uma fase, sendo dois para o semi-ciclo positivo e dois para o negativo. Os Diodos Zener ligados em série e interligados com comparadores analógicos servem para monitorar o nível de tensão na saída do inversor de frequência, assim quando ocorrer sobre tensão ou curto-circuito o sistema atuará.



Figura 3. Circuito Inversor e Controle de Tensão.

O Circuito da Figura 4 serve para fornecer os níveis corretos de Tensão e Corrente necessários para conduzir ou cortar corretamente os transistores MOSFET rapidamente, assim controlando a frequência de chaveamento através da placa de controle nas entradas PINV-1 e PINV-2 e isolando as mesmas.



Figura 4. Circuito de Drives

O circuito da Figura 5 é o circuito responsável pelo controle do inversor de frequência, contendo um gerador de onda triangular e um senoidal para realizar a comparação entre as duas para gerar os pulsos SPWM para o circuito de chaveamento, assim contendo também a parte de controle de frequência de saída e proteções para todo o equipamento.

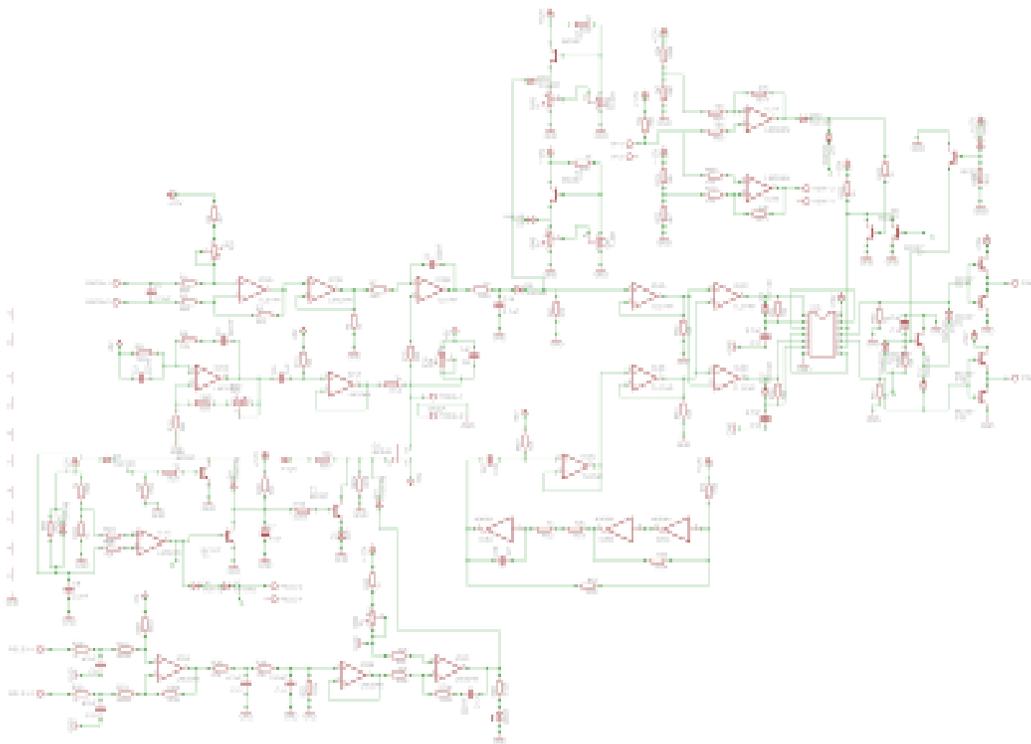


Figura 5. Placa de controle do sistema.

O circuito da Figura 6 nada mais é que uma Fonte estabilizada que fornece 12V e 1 ampère de corrente, esta fonte é utilizada para alimentar os componentes da placa de controle.



Figura 6. Fonte Estabilizada de 12V.

#### 4 CONCLUSÃO

Conclui-se, que conforme o esperado, todos os objetivos foram alcançados. Assim, ao término da pesquisa foi possível obter um inversor de frequência com redução do custo em torno de 25%, comparado a um inversor comercial de mesma potência. Tal redução foi permitida devido a substituição dos IGBTs por Transistores de Potência MOSFET e também, pelos demais componentes não possuírem encapsulamento SMD. Lembrando-se que uma diferença de custo maior ainda, pode ser observada ao realizar a compra dos componentes em grande escala. Como desvantagem desta troca de componentes, pode-se observar o aumento do tamanho físico do equipamento, que pode dobrar comparando-se com os comerciais.

Ademais, com a conclusão desse projeto, espera-se que as pequenas indústrias e pequenas empresas, que usufruem desse equipamento, possam desenvolvê-lo com um custo inferior aos poucos ainda encontrados no mercado, devido a sua falta de industrialização pela preferência nos motores trifásicos.

#### REFERÊNCIAS

FRANCHI, Claiton Moro. **Inversores de Frequência: Teoria e Aplicações**. São Paulo: Érica, 2008. 192 p.

AHMED, Ashfaq. **Eletrônica de potência**. São Paulo: Prentice Hall, 2000. 479 p

BARBI, Ivo. **Eletrônica de Potência**. 3. ed. Florianópolis: Editora da Ufsc, 2000.

MALVINO, Albert Paul. **Eletrônica: Volume 1 e 2**. 4ª ed. São Paulo: Person Education do Brasil, 1997.

SCHIAVON, Gilson Junior. **NO-BREAK 1,2 KVA, SENOIDAL, funcionando em malha fechada: circuito de potência, circuito de controle analógico e circuito de controle digital com DSC**. 2007. 218 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Uel, Londrina, 2007.

GERENT, Fernando Haeming. **metodologia de projeto de inversores monofásicos de tensão para cargas não-lineares**. 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, UFSC, Florianópolis, 2005.