

METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE UM INVERSOR DE FREQUÊNCIA COM ELETRÔNICA TOLERANTE À PRESSÃO

Matheus Andrade das Virgens¹; Ramón Martínez Homs Neto.

¹Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário SENAI CIMATEC; Projeto de Pesquisa de Desenvolvimento e Informação – PETROBRAS; matheus.andrade.011@gmail.com

² Mestre em Engenharia Elétrica pela UFBA; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; ramom.homs@fieb.org.br

RESUMO

A maior parte dos dispositivos eletrônicos utilizados em ambientes subaquáticos de alta profundidade é acondicionada em câmaras robustas que criam um ambiente a pressão atmosférica. Entretanto o custo e volume destas câmaras são elevados conforme a profundidade de operação. Uma alternativa consiste em desenvolver os dispositivos eletrônicos de modo que operem em ambientes de alta pressão sem a necessidade das câmaras atmosféricas, que é a definição da eletrônica tolerante à pressão. Este artigo, portanto, apresenta a metodologia e o projeto em desenvolvimento de um inversor de frequência trifásico com capacidade de operação em ambiente subaquático de pressão de até 4000 mca. São apresentadas, as etapas, mais especificamente todos os tipos de ensaios a serem feitos, para o desenvolvimento da eletrônica tolerante à pressão, a fundamentação teórica do inversor e os resultados obtidos com o protótipo na fase inicial.

PALAVRAS-CHAVE: eletrônica tolerante à pressão, inversor de frequência, subaquático.

1. INTRODUÇÃO

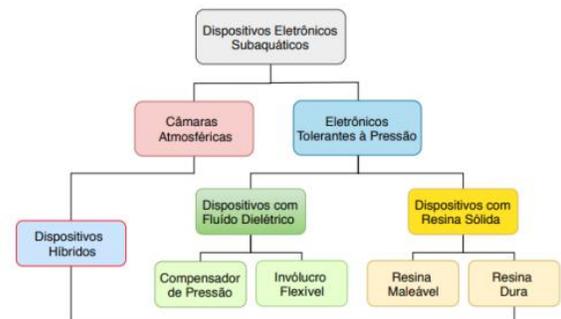
A maioria dos dispositivos eletrônicos comerciais *subsea* são acondicionados em câmaras atmosféricas que têm a função de manter a pressão interna em 1 atm. Dessa forma, os componentes comerciais não necessitam sofrer quaisquer modificações para serem utilizados.¹ Contudo o tamanho, peso e custo das câmaras tornam-se críticos para ambientes de alta profundidade. Há também o risco de colapso da estrutura e a necessidade de conectores de alta pressão. Outra alternativa para operar adequadamente em tais ambientes é a utilização de dispositivos PTE (*pressure tolerant electronics*), similar a figura 1.²

Os módulos PTE apresentam diversas vantagens como menor restrição de espaço, proporcionando maior flexibilidade para o projeto dos mesmos e apresentar melhor dissipação térmica para o oceano.³ Em contrapartida, o desenvolvimento e testes de módulos são mais complexos. Nem todos os componentes no mercado, são adequados para esta aplicação, por possuírem ar em seus encapsulamentos, sendo assim altamente propícios a falhas mecânicas como implosões. A figura 2 exemplifica os tipos de tecnologias que podem ser encontrados em dispositivos subaquáticos. O inversor em desenvolvimento deverá ser capaz de operar a uma profundidade de 4000 metros, sem a necessidade de estar disposta dentro de uma câmara atmosférica.

Figura 1: Conversor AC-DC subsea PTE. Fonte: [2].



Figura 2: Soluções propostas para dispositivos eletrônicos *subsea*. Fonte: autoria própria.



2. METODOLOGIA

Existem vários tipos de testes de pressurização de componentes, módulos e projetos de produção. Todas as etapas a serem seguidas para o desenvolvimento do inversor PTE estão exemplificadas na figura 3, mas neste artigo será detalhado apenas o teste para estudo de parâmetros. Este estudo é designado para componentes de alta criticidade para o funcionamento dos módulos ou aqueles naturalmente sensíveis à pressão. É elaborado um circuito de teste para operar sobre altas pressões². Nesta etapa, as formas de onda são visualizadas e os parâmetros elétricos são aferidos. É feita a análise dos dados registrados de antes, durante e após a pressurização. Desta forma, são quantificadas as relações entre as medições e pressão de operação para uma ampla variedade de tipos e valores de componentes. A vantagem desta etapa é que possível identificar possíveis falhas a nível de componente antes de elaborar circuitos mais complexos como um módulo.²

Nesse contexto, o ambiente de alta pressão será simulado com o auxílio de uma câmara hiperbárica e monitorado por meio de um sistema de controle automatizado. Conforme a Figura 4, o circuito de teste é excitado eletricamente com equipamentos (ex.: fontes, geradores, microcontroladores) e, durante a pressurização, será realizado o monitoramento dos seus principais parâmetros via osciloscópio e multímetros. Para a execução, definiu-se pressurização gradual de 50 bar em 5 minutos (taxa de 10 bar/min) mantendo a pressão constante por 30 minutos, até atingir 600 bar. Durante todo o processo, os parâmetros são observados. Inclusive durante a despressurização que ocorre na mesma taxa.

Para o módulo inversor, vide figura 5, para cada “bloco” foi criado o seu respectivo circuito de teste. No caso do inversor de frequência, seus componentes mais críticos são o CI (circuito integrado) *gate-driver* e os MOSFETs utilizados para a configuração de meia-ponte. Para o primeiro experimento, não sob altas pressões, esse circuito foi alimentado por uma fonte de bancada e os seus sinais de controle/entrada são provenientes de uma placa de desenvolvimento de um microcontrolador.

Figura 3: Metodologia para o desenvolvimento de módulos tolerantes a altas pressões.

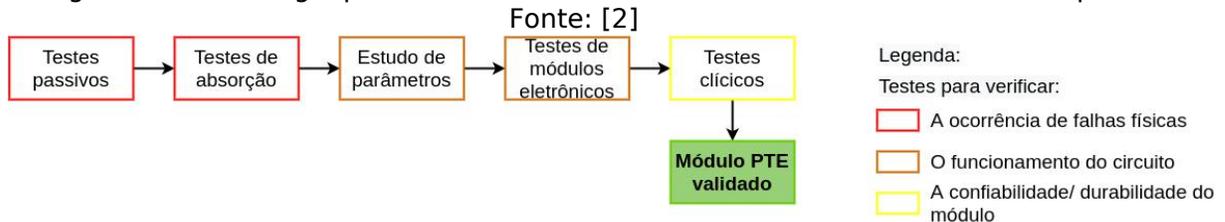


Figura 4: Setup de testes para estudo de parâmetros. Fonte: autoria própria.

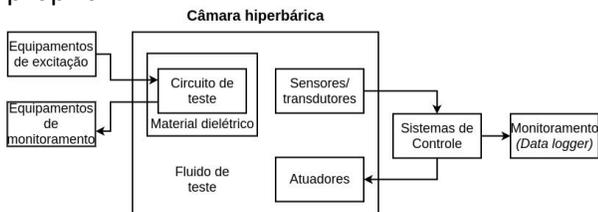
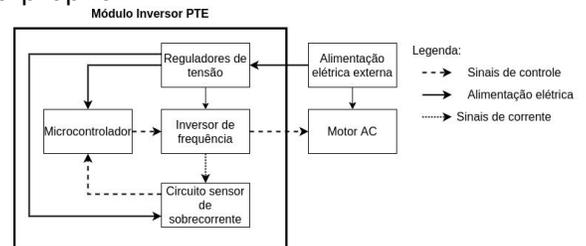


Figura 5: Fluxograma de funcionamento do módulo inversor PTE. Fonte: autoria própria.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 6 mostra o modelo 3D do circuito de teste para o *gate-driver* que foi confeccionado. A figura 7 exhibe o setup de teste do protótipo e visualização dos sinais de saída da PCI (placa de circuito impresso). O motor foi acionado perfeitamente, mas não sob pressão. Para o estudo de parâmetros espera-se visualizar os efeitos da pressão ao comparar os resultados novos

aos obtidos sob pressão ambiente. Distorções nas formas das ondas moduladas podem comprometer o acionamento do motor e até provocar curto-circuitos caso o *dead-time* pré-configurado não seja respeitado.

Figura 6: Vistas superior/inferior PCI com gate-driver. Fonte: autoria própria.

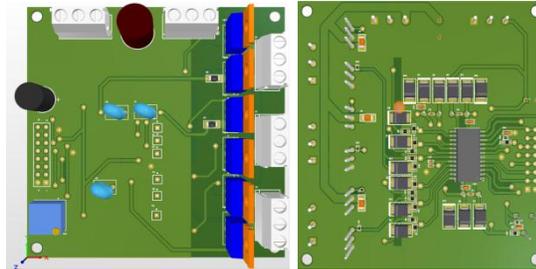
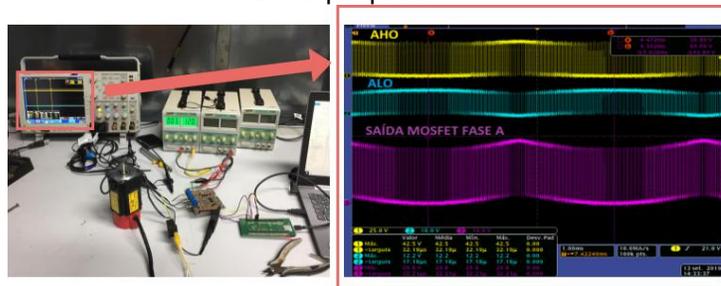


Figura 7: Setup de testes e sinais de saída do inversor monitorados via osciloscópio. Fonte: autoria própria.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi apresentada a metodologia de desenvolvimento da eletrônica tolerante à pressão, as técnicas utilizadas no projeto do inversor e os resultados das medições dos parâmetros do protótipo. A próxima fase consiste em desenvolver o invólucro com materiais dielétricos e testes de pressão nos componentes eletrônicos do protótipo. Os resultados dos próximos experimentos irão fornecer conhecimento suficiente para o desenvolvimento de módulos eletrônicos capazes de operar em ambientes de alta pressão sem câmaras atmosféricas. Assim, este trabalho irá gerar uma contribuição maior. Especialmente, para as aplicações em robótica e na indústria de óleo e gás, que requerem cada vez mais dispositivos leves, compactos e eficientes em termos de energia.

5. REFERÊNCIAS

- ¹R. COSTA, Ramon. DOS REIS, R. S. Ney HSU, Liu. **Robotized system for in-pipe inspection using pressure tolerant electronics technique.**
- ²UNMANNED. **Underwater Technology. Unmanned Underwater Technology.** 2013. Disponível em: <<https://www.uutech.com/>>. Acesso em: 15 Fevereiro 2019.
- ³KAPPMANN, P. LEMBURG, J. HANFF, H. KIRCHNER, F. **Hybrid pressure-tolerant electronics.** 2012 Oceans, Hampton Roads, VA, 2012, pp. 1-5.
- ⁴HOLT, Øystein. **Pressure Tolerant Power Electronics.**
- ⁵HOLZSCHUH, J. **Performance of hybrid circuit components under deep ocean pressure** Ocean 73 - IEEE International Conference on Engineering in the Ocean Environment, Seattle, WA, USA, 1973, pp. 336-340.
- ⁶BARNES, E.H. GENNARI, J.J. **A review of pressure-tolerant electronics.** NAVAL RESEARCH LAB WASHINGTON DC, Final report A769720, Washington DC, 1976.
- ⁷LÜCK, M. **Pressure tolerant systems for deep sea applications.** OCEANS'10 IEEE SYDNEY, Sydney, NSW, 2010, pp. 1-4.