

SUPORTE ISOLADOR PARA CRISTAL DE EFEITO *POCKELS* PRODUZIDO EM IMPRESSORA 3D

Kelvin Meira Barbosa¹, Gilberto da Conceição Júnior, José Henrique Galeti¹

¹Instituto Federal de Mato Grosso do Sul– Três Lagoas-MS

kel.meir@gmail.com, jose.galeti@ifms.edu.br

Resumo

Os sistemas de energia elétrica necessitam de medidores inteligentes de corrente e tensão, especialmente após o advento das redes inteligentes, atendendo a essa necessidade surgiram os novos Sensores Ópticos de Tensão (OVS). Neste trabalho foi desenvolvido uma bucha isoladora (CIB) para alojar um OVS baseado em cristal eletro-óptico (niobato de lítio) para a classe de 13,8kV e aplicada à proteção e monitoramento de qualidade de energia. O projeto e implementação deste CIB com alto isolamento e flexibilidade interna necessária para atender as tolerâncias dimensionais desse sensor foram produzidos com ácido polilático (PLA) usando uma impressora 3D.

Palavras-chave: Sensor óptico de tensão, isolamento elétrico, PLA, Impressão 3D, embalagem de componentes ópticos.

Metodologia e desenvolvimento

As subestações são pontos chave quando se trata da implementação das redes inteligentes, devido a isso, surgiu uma nova geração não convencional de transformadores de instrumentos e a integração de unidades autônomas utilizando IEC 61850 no processo de comunicação [2], [3], satisfazendo assim a necessidade de emprego de tecnologias digitais e formas inovadoras de comunicação nas subestações [1].

Entre esses instrumentos, surgiram os modernos Sensores Ópticos de Tensão (OVS) que são muito mais vantajosos que os transformadores de potencial convencionais, são instrumentos compactos e leves, proporcionam maior segurança operacional ao usuário, constituem plataformas diretas para barramentos digitais de processo, reduzem os impactos ambientais, permitem supervisão online além de melhorar a precisão da medição (ausência distorções de forma de onda produzidas pela saturação do núcleo de ferro e maior poder de medição em uma faixa de frequência mais ampla) [4].

Além disso, transformadores convencionais de alta tensão, baseados em princípios eletromagnéticos, apresentam resposta em frequência limitada e não-linearidades (distorções harmônicas), já o OVS apresenta uma excelente resposta em frequência e linearidade [5], [6], que o torna uma solução promissora no monitoramento da qualidade da energia, segurança e receitas tributárias.

Normalmente assume-se que a embalagem do cristal se trata apenas da rigidez dielétrica necessária para isolamento,

no entanto, OVS baseados principalmente no efeito *Pockels* em cristais eletro ópticos [7], necessitam de embalagens com características específicas e blindagem de isolamento, pois o isolador deve ser um guia para o campo elétrico, evitando sua dispersão e principalmente mantendo as linhas de campo paralelas umas às outras.

O projeto da embalagem do cristal foi feito no AutoCAD (figuras 1 e 2) e impresso em 3D (figuras 3, 4, 5 e 6), foram inúmeras versões e testes realizados visando atender as especificações anteriormente citadas para OVS.

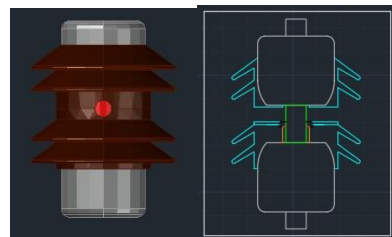


Figura 1 e 2. Projeto em 3D e vista em corte do ISCP no AutoCAD.



Figura 3 e 4. Partes superior e inferior da CIB



Figura 5 e 6. Conjunto completo e conjunto sem eletrodos.

O isolador é feito para acomodar o cristal de Niobato de lítio (na cor verde, figura 2) verticalmente entre dois eletrodos de metal permitindo assim a detecção direta da tensão. Em laranja tem-se um óleo dielétrico, para evitar que surja um arco voltaico em seu interior, comprometendo assim sua funcionalidade, em preto uma borracha que dá pressão entre as peças, fixando assim seu

encaixe (feito com os pinos). Há também um furo transversal na peça, permitindo que um laser atinja o cristal para que o sensor opere. Este furo é uma parte crítica deste suporte, devido ao ar que o preenche ter menor rigidez dielétrica.

Por meio do *software* CONSOL Multiphysics foi simulado as linhas de campo no ISCP quando aplicada uma tensão de 13,8kV em seus terminais (figuras 7, 8, 9 e 10).

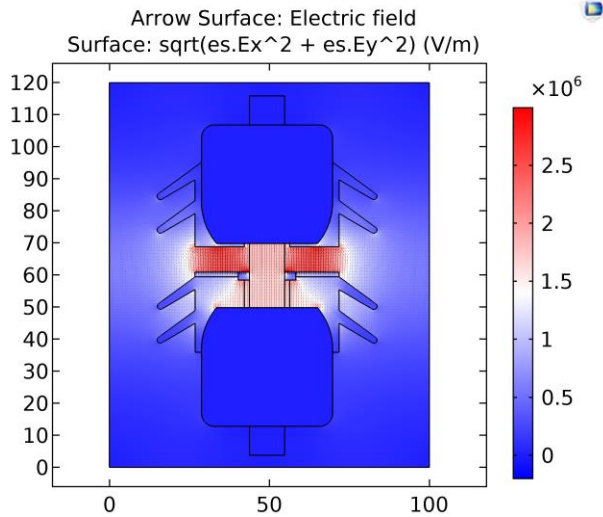


Figura 7. Linhas de campo elétrico

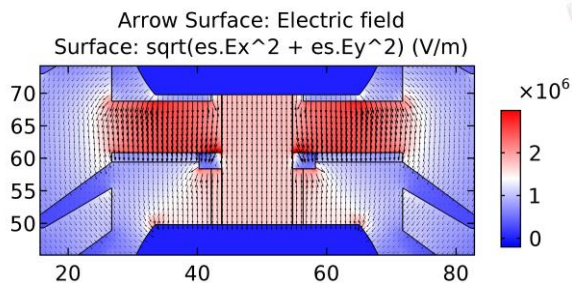
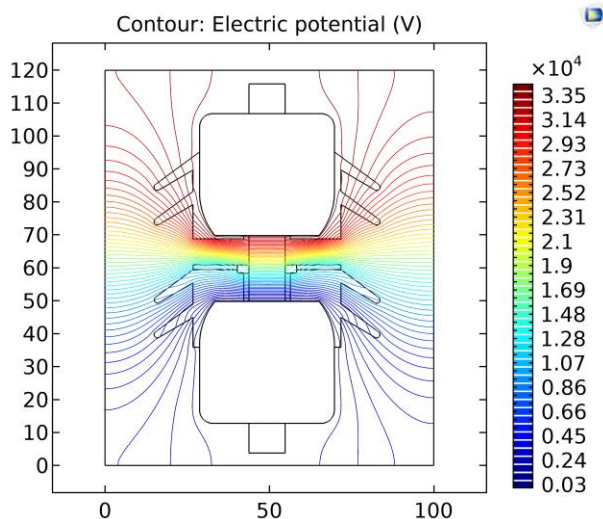
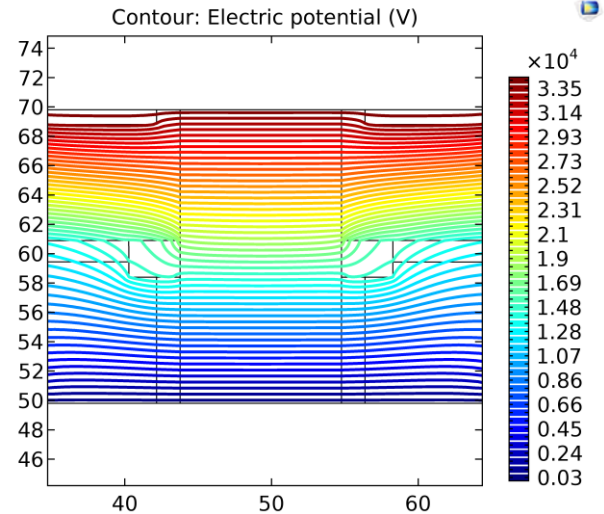


Figura 8. Linhas de campo elétrico no furo (pior caso) mantendo se paralelas por todo o cristal



Figuras 9. Linhas equipotenciais elétricas por toda a CIB.



Figuras 10. Detalhes das linhas equipotenciais elétricas do CIB, na região de maior campo elétrico.

Além da simulação, foi feito o teste real do conjunto com um testador de óleo isolante IOT (*General Electric*) que é composto por um transformador automático de tensão, e O isolador foi montado na saída HV IOT, como mostrado na figura 12 e o procedimento consiste em aumentar a tensão nele aplicado até os 35kV.



Figura 11 e 12. Teste dielétrico feito com IOT e o PicoScope.

Resultados e Considerações Finais

Através desta pesquisa, conclui-se que o CIB desenvolvido satisfaz algumas características necessárias para o OVS, como por exemplo, ele mantém as linhas de campo elétrico paralelas por todo o cristal assim como evita a sua dispersão, apesar disso, ao realizar-se o teste de isolamento o CIB não suportou a tensão necessária para aplicação na faixa de 13,8kV isso porque o IOT desarmou repetidas vezes na faixa de 10kV o que não ocorreu nos testes com as versões anteriores, que apresentaram resultados satisfatórios, porém não possuía os pinos de encaixe no isolador.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Prof. Ricardo Taoni Xavier pelo apoio com a impressora 3D e ao CNPq pelo apoio financeiro à este projeto de pesquisa.

Referências

- [1] G. I. Volovich, I. M. Kirpichnikova and D. V. Topolskiy, "Experimental operation of the adaptive electronic instrument transformer of current and voltage," In: 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), St. Petersburg, 2017, pp. 1-5.
- [2] R. Thomas, A. Vujanic, D. Z. Xu, J. - E. Sjödin, H. R. M. Salazar, M. Yang, N. Powe, "Non-conventional instrument transformers enabling digital substations for future grid," In: 2016 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D), Dallas, TX, pp. 1-5, 2016.
- [3] F. C. Pereira, J. H. Galeti, R. T. Higuti, M. J. Connelly and C. Kitano, "Real-time polarimetric optical high-voltage sensor using phase controlled demodulation," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 36, pp. 3275 – 3283, 2018.
- [4] J. Faiz, M. Ghazizadeh, H. Oraee, "Derating of transformers under non-linear load current and non-sinusoidal voltage - An overview", *IET Electric Power Applications*, vol. 9, pp. 486-495, 2015.
- [5] J. H. Galeti, R. T. Higuti, C. Kitano and M. J. Connelly, "Polarimetric optical high-voltage sensor using synthetic-heterodyne demodulation and Hilbert transform with gain control feedback," *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, vol. 23, pp. 417-423, 2017.
- [6] J. Galeti, C. Kitano and M. J. Connelly, "Improved synthetic-heterodyne Michelson interferometer vibrometer using phase and gain control feedback," *Appl. Opt.*, vol. 54, pp. 10418-10424, 2015.
A. Kumada and K. Hidaka, "Directly high-voltage measuring system based on pockels effect," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 28, pp. 1306-1313, 2013.
- [7] J. C. Santos, A. C. de Sillos and C. G. S. Nascimento, "On-field instrument transformers calibration using optical current and voltage transformers," In: 2014 *IEEE International Workshop on Applied Measurements for Power Systems Proceedings (AMPS), Aachen, pp. 1-5, 2014.*