

# Sensoriamento de Fechamento de Chaves Seccionadoras Utilizando Sensores Ópticos

R. Silva, A. C. Bordonalli, P. R. Fernandes e E. Moschim

**Resumo** — Neste trabalho apresenta-se o desenvolvimento de uma nova arquitetura de sensoriamento de fechamento de chaves seccionadoras utilizadas em subestações de transmissão de energia, utilizando dois elementos ópticos como elementos sensores de temperatura e posição. Utilizou-se como estratégia de aquisição dos dados sensorizados a colocação dos dois elementos sensores dentro do contato fixo da chave seccionadora.

**Termos de Indexação** — sensores ópticos, temperatura, posição, chave seccionadora, transmissão de energia elétrica.

## I. INTRODUÇÃO

Até o momento, desconhece-se uma maneira de se concluir, com a segurança necessária, que o acionamento de uma chave seccionadora tenha ocorrido com sucesso. Essa informação é de suma importância para a segurança e operação das subestações e para a manutenção do equipamento. A insegurança gerada pelo desempenho dos contatos auxiliares das seccionadoras, que deveriam informar a conclusão das manobras, faz com que os operadores se desloquem até o pátio para executarem um exame visual após cada manobra. Diversos dispositivos foram propostos, porém utilizando métodos indiretos. Pode-se citar, como exemplos, a observação da corrente do motor que aciona a seccionadora, transdutores digitais de posição conectados ao mecanismo de acionamento e a verificação do alinhamento mecânico dos braços. Entretanto, o parâmetro mais importante, aquele que define que a seccionadora está corretamente fechada (condição mais crítica) é a resistência elétrica que os contatos apresentam. Este trabalho propõe uma nova arquitetura de sensoriamento, utilizando um método mais direto possível, para a determinação da qualidade do contato resultante de uma manobra de fechamento, através do monitoramento da temperatura e da qualidade de fechamento do contato fixo da chave seccionadora, possibilitando, após uma manobra, avaliar a qualidade do contato resultante com grande segurança.

## II. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

As grandezas físicas a serem medidas e monitoradas, tais como a temperatura no contato fixo devido ao fechamento incorreto e pressão das pinças do braço móvel no contato fixo, resultantes da operação da chave seccionadora, foram avaliadas através de observações práticas de fechamentos periódicos ocorridos em manobras de operação e manutenção na subestação da CTEEP-Bauru. Constatou-se que é de fundamental importância ter-se a monitoração desses parâmetros para possíveis correções de fechamento da chave seccionadora. A figura 1 apresenta uma típica configuração de chaves seccionadoras.



**Figura 1-** Configuração típica de barramentos com chaves seccionadoras da subestação da CTEEP-Bauru.

Projetou-se então um sistema de sensoriamento com uma arquitetura de sensoriamento, através da monitoração da temperatura pelo uso de material termocromático (Iophine) na ponta de uma fibra óptica e de fechamento da chave seccionadora, através de bobinas ópticas atenuadoras. Uma inovação foi introduzida nesta arquitetura que foi a de colocar os elementos de sensoriamento dentro do contato fixo da chave seccionadora. A figura 2 apresenta a instalação dos elementos sensores dentro do contacto fixo da chave seccionadora.



Figura 2- Instalação dos elementos sensores dentro do contato fixo da chave seccionadora.

### III. DESCRIÇÃO DA ARQUITETURA PROPOSTA

Passou-se então ao desenvolvimento e caracterização do circuito driver para gerar o sinal óptico a ser enviado para os dois elementos de sensoriamento e um receptor óptico para detectar e processar a informação recebida pelos dois elementos de sensoriamento. Esta fase consumiu um tempo de 4 meses (32,3% da duração do projeto), de acordo com o cronograma proposto. Finalmente o sistema foi integrado e testado em laboratório a sua operação. Dado que o sistema apresentou desempenho dentro do proposto e projetado, foi então instalado dentro do contato fixo da chave seccionadora e dimensionada a estratégia de colocação do protótipo numa subestação teste a fim de analisar sua operação em condições de operação real.

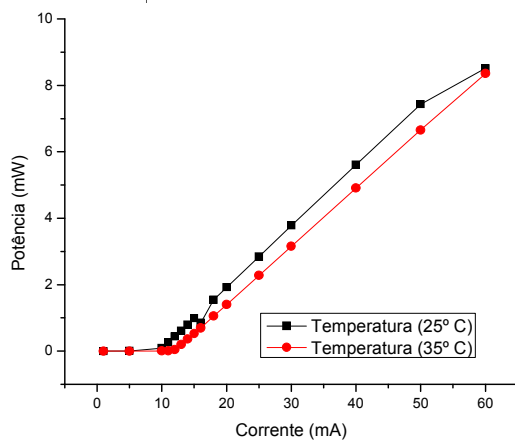


Figura 3- Potência de saída do laser x corrente.

### IV. RESULTADOS

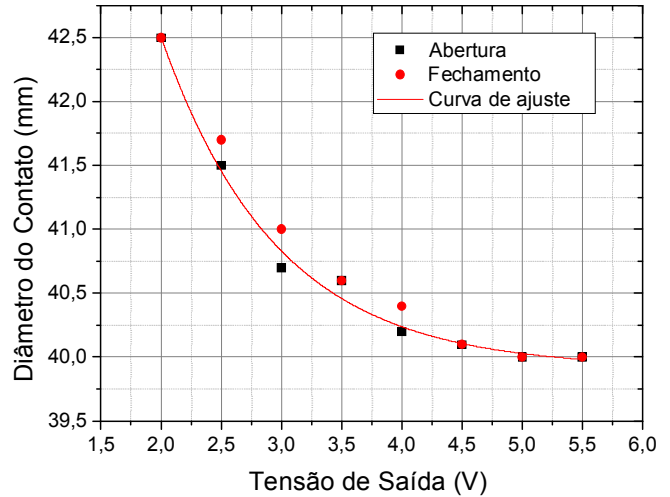


Figura 4- Variação do fechamento x tensão de saída do receptor.

A figura 4 apresenta o desempenho, em termos da variação do fechamento versus tensão de saída do receptor para o elemento óptico de sensoriamento de posição (bobinas atenuadoras ópticas). Os dados experimentais foram ajustados pela curva dada abaixo.

$$V(d) = V_0 + a_1 e^{-d/\delta_1} + a_2 e^{-d/\delta_2}$$

onde  $V_0 = 39,91$  V,  $a_1 = 10,37$  V,  $a_2 = 10,37$  V,  $\delta_1 = 0,96$  mm e  $\delta_2 = 0,96$  mm.

A figura 5 apresenta o desempenho, em termos da variação temperatura versus tensão de saída do receptor para o elemento óptico de sensoriamento de temperatura (material termocromático). Os dados experimentais foram ajustados pela curva dada abaixo.

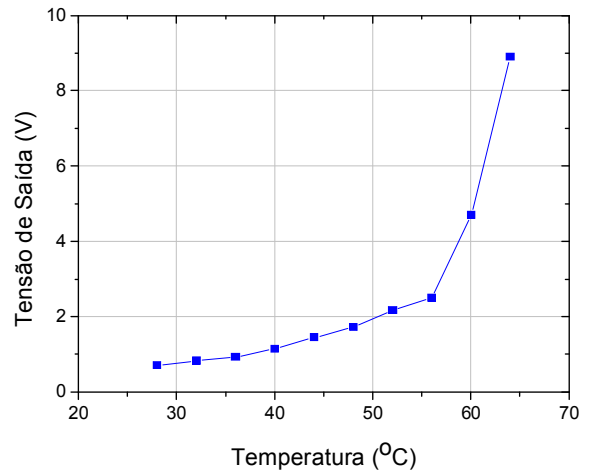


Figura 5- temperatura x tensão de saída do receptor.

## V. CONCLUSÃO

Observou-se a viabilidade da aplicação dos sensores no contato fixo da seccionadora, contribuindo para a segurança de sua operação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. O. Young, "Synthetic structure of industrial plastics (Book style with paper title and editor)," in *Plastics*, 2nd ed. vol. 3, J. Peters, Ed. New York: McGraw-Hill, 1964, pp. 15–64.
- [2] W.-K. Chen, *Linear Networks and Systems* (Book style). Belmont, CA: Wadsworth, 1993, pp. 123–135.
- [3] H. Poor, *An Introduction to Signal Detection and Estimation*. New York: Springer-Verlag, 1985, ch. 4.
- [4] B. Smith, "An approach to graphs of linear forms (Unpublished work style)," unpublished.
- [5] E. H. Miller, "A note on reflector arrays (Periodical style—Accepted for publication)," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, to be published.
- [6] J. Wang, "Fundamentals of erbium-doped fiber amplifiers arrays (Periodical style—Submitted for publication)," *IEEE J. Quantum Electron.*, submitted for publication.
- [7] C. J. Kaufman, Rocky Mountain Research Lab., Boulder, CO, private communication, May 1995.
- [8] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interfaces(Translation Journals style)," *IEEE Transl. J. Magn.Jpn.*, vol. 2, Aug. 1987, pp. 740–741 [*Dig. 9<sup>th</sup> Annu. Conf. Magnetism Japan*, 1982, p. 301].
- [9] M. Young, *The Technical Writers Handbook*. Mill Valley, CA: University Science, 1989.
- [10] J. U. Duncombe, "Infrared navigation—Part I: An assessment of feasibility (Periodical style)," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-11, pp. 34–39, Jan. 1959.
- [11] S. Chen, B. Mulgrew, and P. M. Grant, "A clustering technique for digital communications channel equalization using radial basis function networks," *IEEE Trans. Neural Networks*, vol. 4, pp. 570–578, July 1993.
- [12] R. W. Lucky, "Automatic equalization for digital communication," *Bell Syst. Tech. J.*, vol. 44, no. 4, pp. 547–588, Apr. 1965.
- [13] S. P. Bingulac, "On the compatibility of adaptive controllers (Published Conference Proceedings style)," in *Proc. 4th Annu. Allerton Conf. Circuits and Systems Theory*, New York, 1994, pp. 8–16.
- [14] G. R. Faulhaber, "Design of service systems with priority reservation," in *Conf. Rec. 1995 IEEE Int. Conf. Communications*, pp. 3–8.
- [15] W. D. Doyle, "Magnetization reversal in films with biaxial anisotropy," in *1987 Proc. INTERMAG Conf.*, pp. 2.2-1–2.2-6.
- [16] G. W. Juette and L. E. Zeffanella, "Radio noise currents in short sections on bundle conductors (Presented Conference Paper style)," presented at the IEEE Summer power Meeting, Dallas, TX, June 22–27, 1990, Paper 90 SM 690-0 PWRs.
- [17] J. G. Kreifeldt, "An analysis of surface-detected EMG as an amplitude-modulated noise," presented at the 1989 Int. Conf. Medicine and Biological Engineering, Chicago, IL.
- [18] J. Williams, "Narrow-band analyzer (Thesis or Dissertation style)," Ph.D. dissertation, Dept. Elect. Eng., Harvard Univ., Cambridge, MA, 1993.
- [19] N. Kawasaki, "Parametric study of thermal and chemical nonequilibrium nozzle flow," M.S. thesis, Dept. Electron. Eng., Osaka Univ., Osaka, Japan, 1993.
- [20] J. P. Wilkinson, "Nonlinear resonant circuit devices (Patent style)," U.S. Patent 3 624 12, July 16, 1990.
- [21] *IEEE Criteria for Class IE Electric Systems* (Standards style), IEEE Standard 308, 1969.
- [22] *Letter Symbols for Quantities*, ANSI Standard Y10.5-1968.
- [23] R. E. Haskell and C. T. Case, "Transient signal propagation in lossless isotropic plasmas (Report style)," USAF Cambridge Res. Lab., Cambridge, MA Rep. ARCRL-66-234 (II), 1994, vol. 2.
- [24] E. E. Reber, R. L. Michell, and C. J. Carter, "Oxygen absorption in the Earth's atmosphere," Aerospace Corp., Los Angeles, CA, Tech. Rep. TR-0200 (420-46)-3, Nov. 1988.
- [25] (Handbook style) *Transmission Systems for Communications*, 3rd ed., Western Electric Co., Winston-Salem, NC, 1985, pp. 44–60.
- [26] *Motorola Semiconductor Data Manual*, Motorola Semiconductor Products Inc., Phoenix, AZ, 1989.
- [27] (Basic Book/Monograph Online Sources) J. K. Author. (year, month, day). *Title* (edition) [Type of medium]. Volume(issue). Available: [http://www\(URL\)](http://www(URL))
- [28] J. Jones. (1991, May 10). *Networks* (2nd ed.) [Online]. Available: <http://www.atm.com>
- [29] (Journal Online Sources style) K. Author. (year, month). *Title. Journal* [Type of medium]. Volume(issue), paging if given. Available: [http://www\(URL\)](http://www(URL))
- [30] R. J. Vidmar. (1992, August). On the use of atmospheric plasmas as electromagnetic reflectors. *IEEE Trans. Plasma Sci.* [Online]. 21(3). pp. 876–880. Available: <http://www.halcyon.com/pub/journals/21ps03-vidmar>



**Edson Moschim** formou-se em engenharia eletrônica em 1975 na Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos, São Paulo. Obteve o grau de mestre em engenharia elétrica pela Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, UNICAMP, Campinas, São Paulo, em 1983 e doutor em ciências físicas na Universidade de Paris XI, Orsay, França, em 1989. Durante o período de 1978 - 1985 trabalhou como pesquisador da Fundação Tropical de Pesquisa André Tosello, desenvolvendo pesquisas para o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebrás (Fundação CPqD), Campinas, São Paulo, na área de simulação e projeto de sistemas de comunicação por fibra óptica. Em 1985 juntou-se ao quadro de professores da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da UNICAMP, onde atualmente é Professor Titular (MS-6).. Atualmente suas atividades de pesquisa concentram-se em tecnologia fotônica, eletromagnetismo aplicado a problemas de detecção e de telecomunicações, e desenvolvimento de modelos e software para simulação de sistemas de comunicação.

Manuscrito recebido 01 de Agosto 2006. Este trabalho foi financiado pela ANEEL sob o contrato 3299.

R. Silva, A. C. Bordenalle e E. Moschim são da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Unicamp, Campinas, S.P., Brasil

(correspondência para os autores: [moschim@dsif.fee.unicamp.br](mailto:moschim@dsif.fee.unicamp.br),  
[aldario@dmo.fee.unicamp.br](mailto:aldario@dmo.fee.unicamp.br))

P. R. Fernandes é engenheiro da CTEEP – Bauru, S. P., Brasil  
([prfernandes@ctee.com.br](mailto:prfernandes@ctee.com.br)).