



**XXII SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GPC/24
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - V

GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA - GPC

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE SENSORIAMENTO ÓPTICO DE QUALIDADE E POSIÇÃO DOS
CONTATOS PARA CHAVES SECCIONADORAS DE ALTA TENSÃO**

**João B. Rosolem, Fernando R. Pereira, Fabio R. Bassan, Claudio Floridia, Glaucio C. C. P. Simões, Livia R. Alves, Rivaldo S. Penze, Ariovaldo A. Leonardi, Antonio D. Coral, Claudio Antonio Hortencio
CPqD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações**

**Carlos A. M. Nascimento, Romeu F. Fonseca, Rodrigo O. C. Moreira, Altair L. Melo
CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais**

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de sensoriamento óptico da qualidade e posição dos contatos de chaves seccionadoras. No sistema desenvolvido a energia levada pela fibra óptica alimenta um circuito eletrônico contendo uma micro-câmera de vídeo que permite a observação dos contatos da chave sem a necessidade de um operador no local. Parte da energia óptica é utilizada em um sistema de feixes ópticos que por meio da triangulação mede quantitativamente a qualidade de fechamento da chave. Todos os dados coletados são transmitidos em tempo real para fora da chave por meio exclusivo da infraestrutura óptica.

PALAVRAS-CHAVE

Chaves Seccionadoras, Sensores Ópticos, Contato Elétrico, Fibras Ópticas, Alta Tensão.

1.0 - INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios dos equipamentos de acionamento e manobra é garantir o correto funcionamento dos dispositivos para a melhor utilização da infraestrutura dedicada à transmissão e distribuição de energia elétrica, bem como aqueles responsáveis pela segurança destes serviços e de seus operadores. Dentre estes dispositivos encontram-se as chaves seccionadoras, responsáveis por isolar partes da planta elétrica principalmente em casos de manutenção.

Dois dos principais problemas apresentados pelas chaves seccionadoras relacionam-se a efetivação e a qualidade do contato elétrico que as mesmas apresentam ao longo do tempo. Frequentemente as chaves seccionadoras não fecham adequadamente causando o aumento da resistência ôhmica e consequentemente aumenta a temperatura nos contatos, o que prejudica a transmissão de energia e o próprio contato. É conhecido da literatura [1] que a resistência do contato de chaves seccionadoras depende da força mecânica aplicada para manter os contatos. Uma menor força aplicada ou uma irregularidade da conexão da chave provoca aumento da resistência elétrica do contato e consequentemente a elevação da temperatura nos contatos o que prejudica a transmissão de energia e os próprios contatos.

Sistemas de supervisão e monitoração on-line têm sido adotados pelas empresas do setor elétrico como uma das principais ferramentas para possibilitar a migração da manutenção preventiva para a preditiva sem colocar em risco a segurança e a confiabilidade da operação dos equipamentos e elementos de alta tensão, permitindo conhecer sua real condição e diagnosticar ou prognosticar eventuais problemas. Os sistemas convencionais de monitoração de chaves seccionadoras sensoriam principalmente os aspectos eletromecânicos, como por exemplo o posicionamento angular [2]. Normalmente se usam controladores de automação programáveis (PAC) para medir a potência ativa e reativa dos motores durante as operações de fechamento e abertura da chave e também para converter os sinais dos sensores de posicionamento angular e de estado dos contatos auxiliares das chaves seccionadoras. Os PACs são usados para monitorar os seguintes parâmetros: número de operações para fornecer o histórico do sistema, tempo de inatividade desde que longos períodos de inatividade reduzem a confiabilidade da operação, tempo de

(*) R. Dr. Ricardo Benetton Martins, s/n – Parque II do Polo de Alta Tecnologia, CEP 13086-902, Campinas, SP, Brasil, Tel: (+55 19) 3705.6796 – Email: rosolem@cpqd.com.br

chaveamento na abertura e fechamento uma vez que desvios neste valor podem indicar problemas no mecanismo de acionamento, potência média e máxima do motor durante a operação sendo que estes dados podem ser usados para indicar problemas mecânicos na estrutura ou uma falha no motor, posição angular, se o ângulo registrado ultrapassar a posição nominal, isso é indicativo de uma sobrecarga da estrutura mecânica e motor. Por outro lado, se o ângulo for menor, isso pode indicar falha na operação.

Devido a sua intrínseca imunidade à alta tensão a fibra óptica apresenta-se como a excelente opção para sistemas de sensoriamento em sistemas de energia. Além de se consistir em um meio de transmissão de sinais imune às interferências eletromagnéticas, com alta largura de banda e baixa perda de transmissão, a fibra óptica pode também transmitir energia na forma óptica que pode ser utilizada, após conversão para energia elétrica, na alimentação de sensores ou circuitos de telecomando com tecnologia tradicional eletrônica. Algumas propostas de sistemas de sensoriamento de chaves seccionadoras usando técnicas ópticas foram propostas na literatura [3] - [5], porém em nenhuma delas a qualidade do contato elétrico da conexão é monitorado.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema inovador de sensoriamento óptico de qualidade e posição dos contatos para chaves seccionadoras de alta tensão. Duas técnicas ópticas foram usadas neste projeto de forma a atender suas especificações, ou seja, determinar o estado da chave e também a qualidade do contato elétrico da chave. A primeira técnica é chamada de alimentação pela fibra óptica (Fiber Powering) e a segunda de óptica de espaço livre (Free Space Optics). A técnica alimentação pela fibra óptica utiliza sensores eletrônicos alimentados opticamente por uma fibra óptica e que também é usada para transportar os sinais digitais dos sensores. Por outro lado, a técnica óptica de espaço livre permite a transmissão de um sinal óptico pelo ar por meio do uso de dois elementos terminais, isolados fisicamente, que colimam o feixe de luz e que são chamados de colimadores. Por meio dessa técnica inovadora, a qual já foi requerida o registro de patente, é possível obter a leitura de sinais ópticos de sensores na alta tensão, por exemplo, com altíssima isolamento elétrica, que é um dos obstáculos a serem vencidos para a expansão de uso da tecnologia de sensoriamento óptico na alta tensão.

No sistema desenvolvido a energia levada pela fibra óptica alimenta uma micro-câmera de vídeo que permite a observação dos contatos da chave sem a necessidade de um operador no local. Parte da energia óptica transportada pela fibra é utilizada também para alimentação do sistema que avalia o grau da qualidade de contato da chave por meio da triangulação e detecção de feixes ópticos laser, isto é mede quantitativamente a qualidade de fechamento da chave em cada operação. Todos os dados coletados são transmitidos em tempo real e estão isolados da alta tensão por meio exclusivo da infraestrutura óptica.

O sistema permite a detecção de possíveis irregularidades no fechamento dos contatos da chave seccionadora vertical de 0 a 20 mm em relação à posição de contato ideal. De acordo com os registros de campo esta é uma faixa real de variação na posição dos contatos quando não ocorre a conexão ideal.

Neste trabalho são apresentados os resultados do desenvolvimento, dos testes de laboratório e do planejamento do teste de campo do sistema SOMCS (sistema óptico de monitoramento de chaves em subestações) que está sendo implantado na subestação de Bonsucesso em Belo Horizonte, MG, em uma chave seccionadora vertical de 138 kV. Este projeto foi desenvolvido em parceria entre o CPqD e a CEMIG D, e teve financiamento do programa de P&D da ANEEL – projeto D446.

2.0 - DESCRIÇÃO DO SOMCS - SISTEMA ÓPTICO DE MONITORAMENTO DE CHAVES EM SUBESTAÇÕES

Para desenvolvimento do SOMCS duas técnicas ópticas foram usadas. A primeira é chamada de “fiber powering” (FP) [6] ou alimentação pela fibra óptica e a segunda de “free space optics (FSO) [7] ou óptica de espaço livre”.

A técnica FP utiliza sensores eletrônicos alimentados opticamente por uma fibra óptica e que também é usada para transportar os sinais digitais dos sensores. O sistema é composto em um lado por uma unidade de transmissão de energia óptica e uma unidade de recepção óptica dos sinais enviados pelos sensores. A fonte óptica é constituída por laser de alta potência. Duas ou apenas uma fibra conectam a unidade de transmissão e recepção com a unidade de sensoriamento. A unidade de sensoriamento remota é composta por: (i) um conversor fotovoltaico, (ii) de uma unidade processamento digital, (iii) sensores eletrônicos e (iv) do laser de transmissão do sinal de retorno. A energia elétrica produzida pelo conversor fotovoltaico é utilizada para alimentação elétrica destes sensores.

Por meio da técnica FP é possível utilizar, por exemplo, câmeras de vídeo ou outros circuitos complexos conectados a microprocessadores, eliminando-se, portanto o uso de baterias que são elementos que apresentam problemas de vida útil, principalmente em ambientes agressivos. A técnica FP permite também comandar circuitos a distância ou monitorar diversas grandezas em sistemas de energia elétrica tais como tensão, corrente, temperatura, campos elétricos e magnéticos, descargas parciais, estado do aterramento, entre outras, com a grande vantagem de não interferirem no processo de medição.

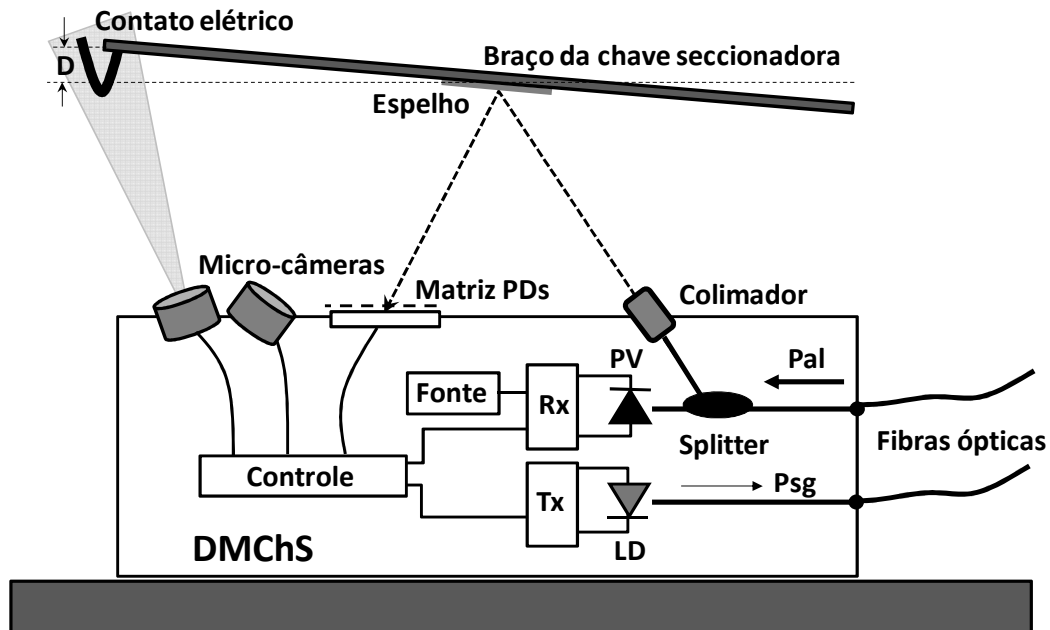
Por outro lado, a técnica FSO permite a transmissão de um sinal óptico pelo ar por meio do uso de dois elementos terminais, isolados fisicamente, que colimam o feixe de luz chamado de colimadores. Por meio dessa técnica é possível a leitura de sinais ópticos de sensores, por exemplo, com isolamento infinita, que é um dos obstáculos a serem vencidos para a expansão de uso da tecnologia de sensoriamento óptico na alta tensão.

O sistema de sensoriamento de chaves seccionadoras de acionamento vertical desenvolvido neste projeto tem dois objetivos: determinar o estado operacional e a qualidade do contato elétrico da chave. Este sistema é de caráter inovador, e resultou em pedido de patente BR 10 2012 0307577, depositado no INPI.

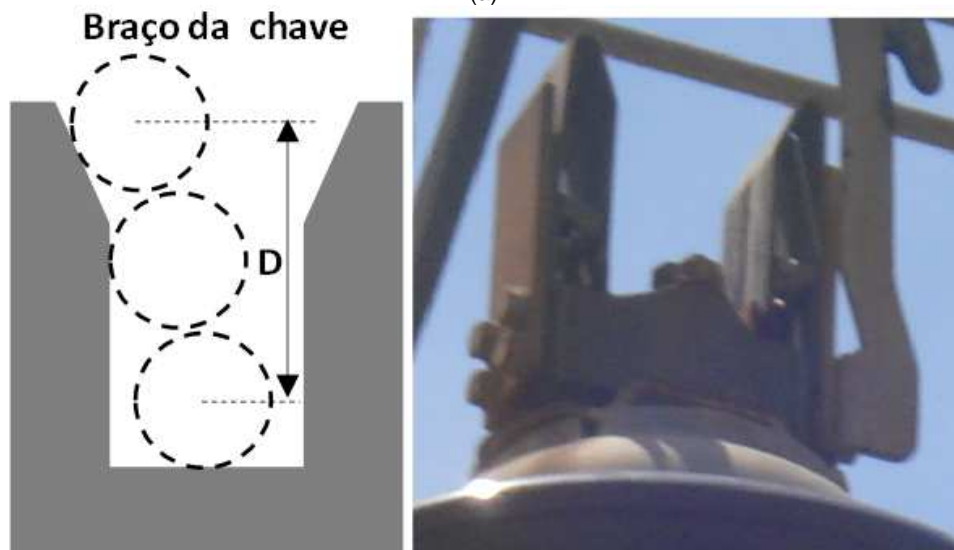
A Figura 1(a) mostra a concepção de uma unidade DMChS (Dispositivo de Monitoração de Chaves Seccionadoras) que é responsável pela monitoração da chave.

Na primeira técnica, um feixe de luz com comprimento de onda apropriado é direcionado para o braço da chave por meio de um colimador óptico, fixo na unidade remota. Um espelho fixado na superfície inferior do braço da chave reflete o feixe de luz na direção de uma matriz de sensores optoeletrônicos posicionada na unidade remota. Como

a matriz de sensores optoeletrônicos apresenta dezenas de elementos, cada elemento se correlaciona com um ângulo do braço da chave em relação a uma posição horizontal de referência. Esta referência é uma posição de encaixe perfeito dos contatos. Desta forma o parâmetro qualidade do contato depende do ângulo ou da distância D , mostrada nas Figuras 1(a) e (b), entre a posição do contato elétrico do braço da chave e a posição ideal deste contato. De uma forma indireta, o sistema também aponta para a situação específica da chave quando a mesma esta totalmente desconectada. A utilização de microcâmeras de vídeo como uma segunda técnica para observação da imagem da conexão da chave e outras partes da mesma amplia as informações da mesma por permitir uma avaliação visual, em tempo real e de forma remota. Com a finalidade de aumentar o grau de qualidade da avaliação, é possível utilizar-se de outros sensores no lugar das câmeras vídeo, tais como, câmeras térmicas ou termômetros de infravermelho ou em conjunto com esta para aumentar o grau da qualidade da avaliação.



(a)



(b)

FIGURA 1 – (a) Concepção da unidade remota de sensoriamento responsável pela monitoração da chave seccionadora vertical e (b) ilustração de possíveis contatos elétricos e do contato de uma chave seccionadora vertical real.

Na unidade remota, DMChS, os dados dos diversos elementos da matriz de sensores optoeletrônicos são levados a um microprocessador que é o responsável pelo processamento das informações. Em paralelo o sinal da micro-câmera é levado para um circuito eletrônico que converte este sinal originalmente no padrão NTSC, com modulação em amplitude modulada (AM), para uma modulação em frequência modulada (FM), que possibilita uma melhor qualidade na transmissão do sinal de vídeo e uma boa imunidade a ruídos de amplitude. A transmissão do sinal óptico P_{sg} composto de vídeo e dos dados digitais é feita de forma seqüencial por meio de um diodo laser (LD)

no circuito de transmissão de fibra óptica (Tx) que opera em 1310 nm. Na parte do circuito de recepção (Rx) da unidade remota um conversor foto-voltaico (PV) de GaAs (Arseneto de Gálio) apropriado para uso com fibras ópticas recebe o sinal óptico de alimentação P_{al} no comprimento de onda de 830 nm. Este sinal é contínuo em sua maior parte do tempo. Porém, durante alguns milissegundos, o mesmo sinal pode a critério do operador do sistema transmitir um sinal de controle para a DMChS. Isto é feito por meio da transmissão de pulsos rápidos a partir da unidade de controle com códigos de comando previamente definidos. Estes códigos permitem a escolha da transmissão de dados da unidade de controle da chave seccionadora, ou da escolha de qual fase da chave seccionadora deseja-se ver a imagem. O uso da técnica de alimentação pela fibra permite uma isolamento galvânica total do DMChS e possibilita também a alimentação elétrica de chaves seccionadoras sem suporte alimentação elétrica.

A Figura 2 ilustra o sistema completo de monitoração da chave seccionadora. Este sistema é destinado a monitoração das três fases de uma chave utilizando-se de uma unidade remota DMChS para cada fase. Estas unidades são posicionadas na parte inferior de cada unidade da chave seccionadora que se deseja monitorar. A alimentação e comando de cada DMChS é feito por meio de uma fonte de luz de alta potência incorporada na unidade de controle do sistema que fica instalada na sala controle da subestação. Um divisor de potência (splitter) conectado por meio de fibras ópticas de 105 microns de núcleo e 125 microns de casca à fonte de alta potência divide a potência da fonte que é da ordem de 4 W em partes iguais para cada uma das unidades DMChS. A informação do contato da chave obtida pelo DMChS, que pode ser tanto o sinal de imagem quanto um sinal de dados, é transmitido por cada unidade DMChS e é levada por uma fibra idêntica à primeira até um segundo splitter que junta as informações a serem detectadas de cada DMChS em um receptor óptico na unidade de controle. No entanto, essa topologia permite a coleta de dados de apenas um sensor de cada vez, pois o caminho óptico após o splitter é único e não pode haver sobreposição de dados. O sinal de imagem enviado por cada unidade remota, ao chegar ao receptor da unidade de controle é convertido de frequência modulada para o padrão NTSC e em seguida é encapsulado em pacotes no padrão Ethernet. O sinal de dados é também encapsulado por um microprocessador em pacotes no padrão Ethernet. A escolha da imagem de DMChS a ser visualizada é feita na central de monitoração da CEMIG por opção do operador.

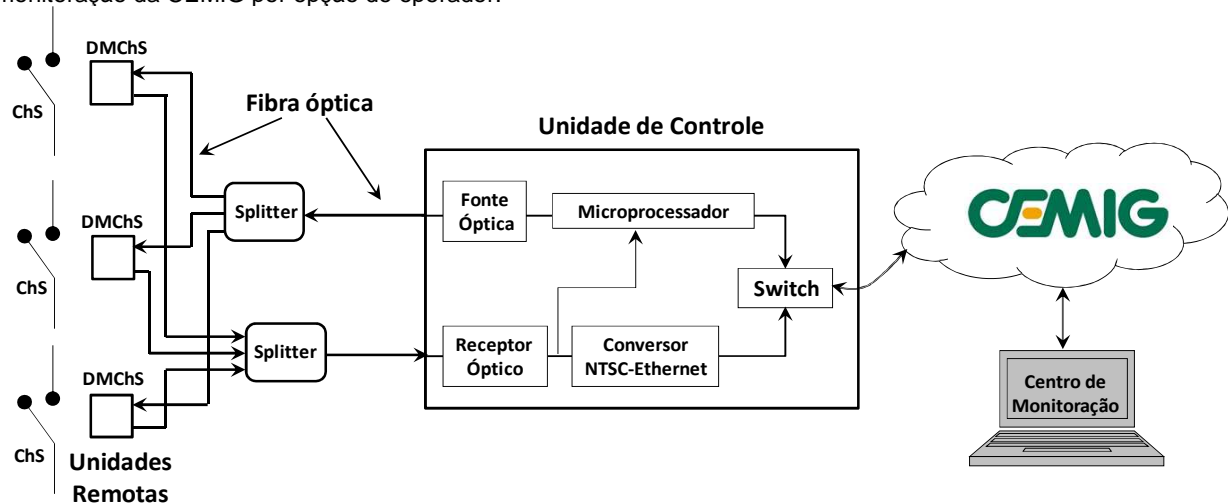


FIGURA 2 - Sistema completo de monitoração das três fases de uma chave seccionadora no sistema de 138 kV.

A transmissão dos dados de cada DMChS escolhido é realizada em um intervalo de poucos milissegundos por meio da interrupção do sinal de vídeo. Todas as informações monitoradas das chaves seccionadoras obtidas pelos DMChS são levadas até a central de monitoração da Cemig por meio da rede de dados. Trabalhos futuros de desenvolvimento deverão possibilitar o sistema de sensoriamento também controlar a operação de chaves seccionadoras remotamente. Vale destacar que essa função de controle já foi disponibilizado no hardware do sistema atual. A Figura 3 mostra detalhes de uma concepção simulada do DMChS e seu posicionamento debaixo do braço da chave seccionadora.

3.0 - RESULTADOS

Os testes preliminares de desempenho do DMChS contemplaram os ajustes de parâmetros de construção desta unidade de sensoriamento. Para essa finalidade, um arranjo experimental foi montado sobre uma mesa óptica e as distâncias envolvidas foram minimizadas. Um espelho posicionado sob um suporte móvel acoplado a um goniômetro foi girado simulando a abertura da chave. Com esta montagem, foram feitos testes de sensibilidade, resolução e alcance para a matriz de sensores opto-eletrônicos.

O aparato experimental, conforme mostra a Figura 4(a), foi caracterizado medindo-se cada elemento sensor de cada vez. Os resultados obtidos estão apresentados na Figura 4(b). O desempenho de cada sensor é apresentado pela tensão em função da posição relativa de cada elemento iluminado na matriz. Os dados são apresentados com relação à posição relativa ao primeiro sensor, que corresponde à melhor posição da chave.

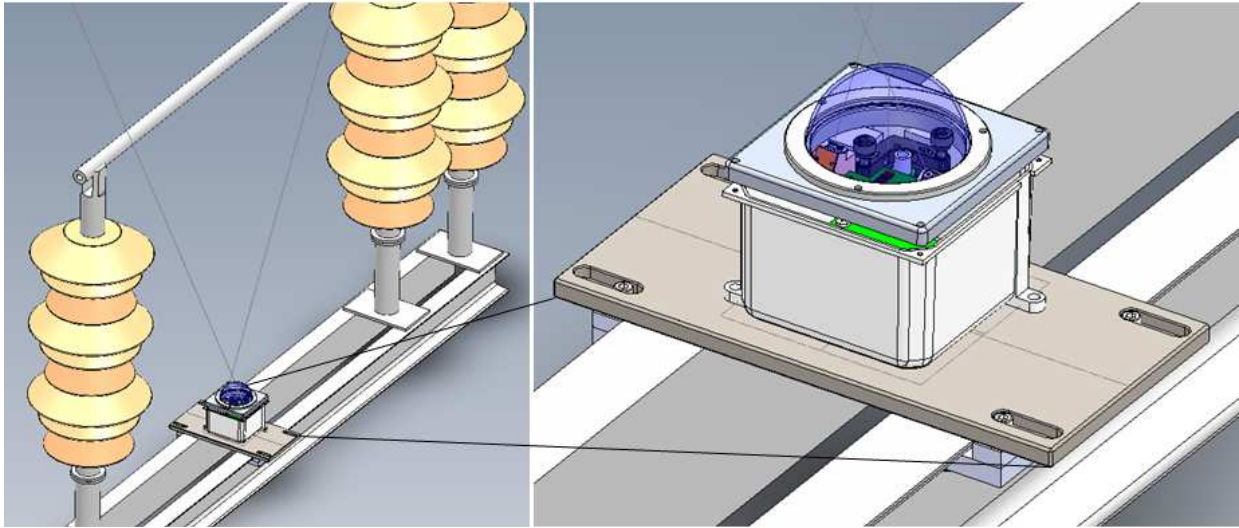


FIGURA 3 - Concepção simulada do DMChS e seu posicionamento debaixo do braço da chave seccionadora.

De acordo com a Figura 4 a matriz de sensores optoeletrônicos apresentou resposta satisfatória com relação à medição da tensão em função da incidência de luz, o que se traduz como sendo “sensor totalmente ativo” (tensão aproximadamente igual a zero) ou “sensor totalmente inativo” (tensão aproximadamente igual a 5 V). Além disso, observa-se que é possível monitorar a posição da chave mesmo quando a luz incide na posição intermediária entre cada sensor em uma variação de tensão aproximadamente linear.

Este comportamento abre duas possibilidades de graduação da qualidade do contato elétrico, ou seja, uma graduação digital que corresponde à incidência máxima de luz em cada sensor, ou analógica tomando-se a variação de tensão devido a variação de luz entre cada sensor.

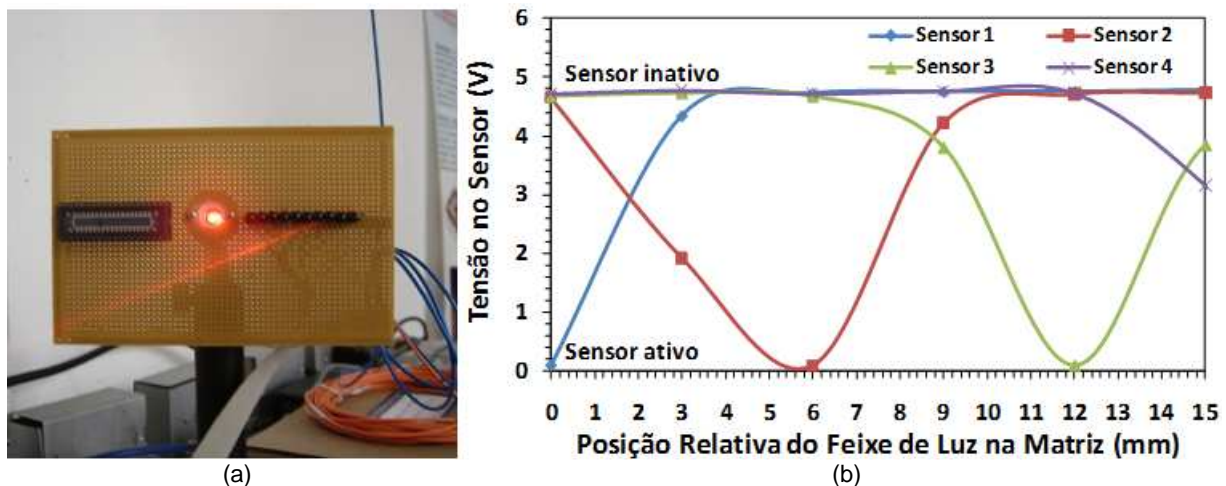


FIGURA 4 – (a) Desempenho da matriz de sensores em função da posição relativa ao primeiro sensor.

Um exemplo de graduação digital da qualidade do contato tomando a Figura 4 como exemplo, e admitindo-se uma variação máxima nos contatos elétricos de 15 mm, seria sensor 1 ativado, qualidade = 100%, sensor 2 ativado qualidade = 75% e assim por diante. Nas mesmas condições uma graduação analógica seria sensor 1 com 0 V de tensão, qualidade = 100%, sensor 1 com 0,5 V qualidade = 90% e assim por diante.

Em relação à transmissão de vídeo pela microcâmera do DMChS, aplicando a modulação FM no sinal de vídeo, obteve-se uma margem de 12 dB de variação de potência óptica de transmissão sem prejuízo na qualidade da imagem. Dessa forma, o sensor poderia ser instalado em locais com diferentes distâncias sem necessidade de ajuste da intensidade do sinal recebido, devido ao fato da modulação FM retirar o sinal de vídeo NTSC como sub-portadora transmitida pelo laser. Em relação ao consumo de corrente, os circuitos eletrônicos do DMChS, mostrado na Figura 1(a), apresentaram consumo inferior a 1 W para sua completa operação de forma a possibilitar o uso da técnica de alimentação pela fibra óptica - FP.

A Figura 5(a) mostra uma foto da unidade de controle, a Figura 5(b) mostra uma foto dos circuitos internos do DMChS e a Figura 5(c) mostra uma foto do empacotamento mecânico do DMChS. Na Figura 6 é mostrado o quadro dos sinais recebidos e transmitido pelo DMChS contendo as informações de vídeo FM e dos sinais digitais relativos aos sensores opto-eletrônicos. Estes sinais foram obtidos de uma unidade DMChS e medidas em um osciloscópio digital.

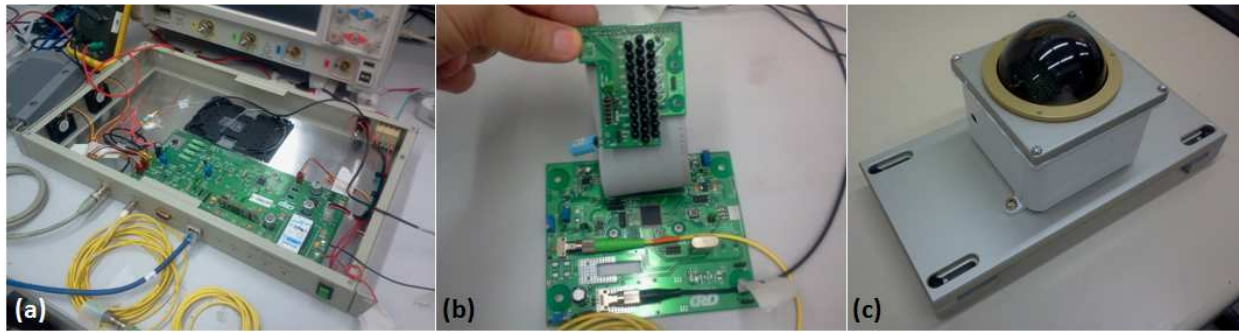


FIGURA 5 - (a) Foto da unidade de controle, (b) foto dos circuitos internos do DMChS e (c) foto do empacotamento mecânico do DMChS.

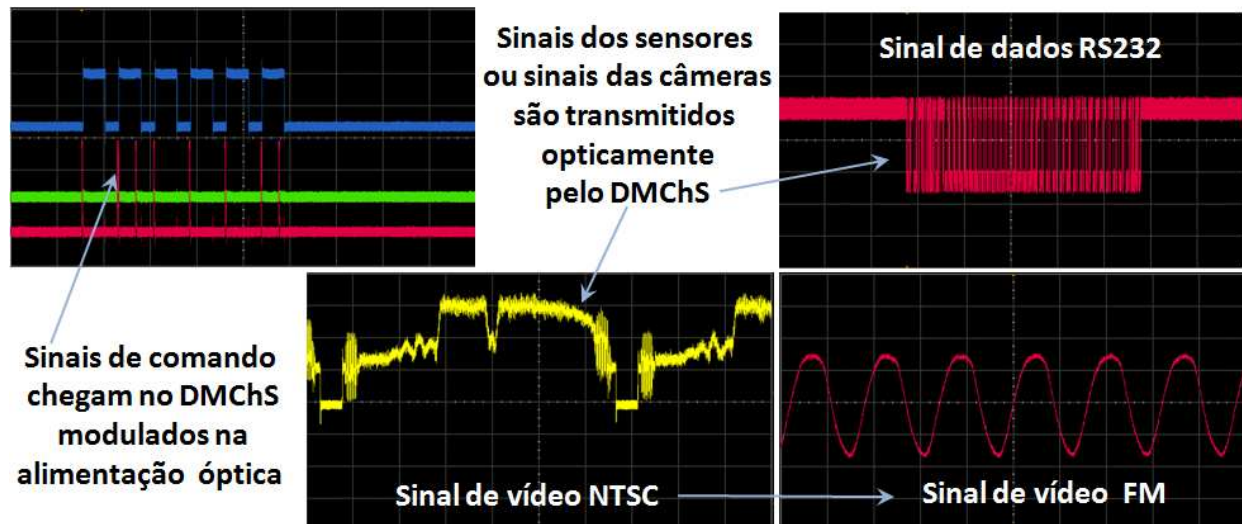


FIGURA 6 - Quadro dos sinais recebidos e transmitidos pelo DMChS.

Foi desenvolvido também uma ferramenta computacional para a gerência do SOMCS. O software foi desenvolvido em LabView e apresenta diversas funcionalidades. O software é responsável por:

- Estabelecer comunicação com os circuitos que realizam a aquisição de sinais referentes ao sistema de medição da qualidade dos contatos da chave seccionadora e a comunicação com as câmeras conectadas a estes circuitos;
- Realizar o tratamento das informações coletadas e apresentá-las em uma interface homem-máquina de forma amigável,
- Calcular as informações de qualidade de fechamento da chave,
- Coletar as informações visuais através de câmeras.

Ao fazer uma solicitação de monitoramento da qualidade de fechamento de uma determinada chave seccionadora, o sistema de monitoração envia comando a unidade de controle alimentando os seus respectivos circuitos de monitoração respondem alternadamente sim ou não (OK ou NOK) conforme requisição feita no próprio comando. A comunicação com os circuitos de monitoramento das chaves é feita em comunicação broadcast, ou seja, para todos. Entretanto, a resposta de cada circuito irá depender da requisição do software através do comando enviado pela central de monitoração, em que apenas um circuito responde por vez. O sistema disponibiliza a informação em duas abas, onde na aba operação o sistema apresenta a informação de forma mais imediata e na aba engenharia as informações são mais detalhadas. Na aba operação o operador do sistema de monitoração terá a informação da última atualização do sistema e o status (aberto ou fechado) de cada um dos braços das chaves seccionadoras, na aba engenharia onde sistema disponibiliza informações detalhadas é possível verificar na aba "detalhes" do programa de monitoração, os valores em porcentagem da qualidade do contato dos três braços da chave seccionadora e acessar a imagem de apenas uma das duas câmeras instaladas no circuito de monitoração. Uma das câmeras aponta para o contato (definida como padrão) e a outra câmera aponta para a articulação da chave (de modo a verificar se chave está totalmente aberta). Os modos de visualização possíveis são o modo automático e o modo manual, onde o usuário pode escolher como a informação será mostrada para ele na interface.

No modo automático o sistema alterna entre a monitoração de cada uma das chaves seccionadoras, apresentando os valores de qualidade de fechamento de cada um dos seus braços, bem como a imagem da câmera selecionada (contato ou articulação) que é alternado de forma automática pelo sistema.

No modo manual o sistema de monitoração apresenta a informação da qualidade de fechamento dos braços das chaves seccionadoras, bem como a informação das respectivas câmeras de acordo com a seleção feita (contato ou articulação) no campo “visualização câmera”, que pode ser alterada pelo usuário a qualquer momento.

O sistema disponibiliza também detalhes técnicos dos sensores, onde é possível verificar mais detalhes do circuito de monitoração de cada uma das três fases da chave seccionadora, como a informação tanto visual, quanto numérica, de quais elementos da matriz de fotodetectores estão excitados no circuito de monitoração de cada uma das três fases da chave seccionadora, além de fornecer o valor em porcentagem da qualidade de fechamento de cada uma das três fases da chave seccionadora.

Na Figuras 7 apresentamos uma das telas do SOMCS com informações básicas e essenciais ao operador do sistema, tais como, imagens das câmeras e qualidade do contato elétrico.



FIGURA 7 - Uma das telas do software de controle do sistema de sensoriamentode chave seccionadoras.

4.0 - TESTE DE CAMPO

O sistema SOMCS está sendo implantado na subestação de Bonsucesso em Belo Horizonte, MG, em uma chave seccionadora vertical de 138 kV. Nesta oportunidade serão monitoradas três fases de uma chave seccionadora escolhida para o teste de campo. Os primeiros trabalhos de implantação referem-se a construção da infra-estrutura de canalização para passagem dos cordões ópticos, bem como instalação do armários dos splitters. A instalação dos DMChS nas três fases da chave seccionadora escolhida e da unidade de controle deverá ocorrer em maio de 2013. Assim a divulgação dos resultados da primeira fase da avaliação do SOMCS ocorrerá durante a realização do XXII SNTPEE.

5.0 - CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou os resultados obtidos no desenvolvimento de um sistema inovador de monitoramento de chaves seccionadoras que foi requerido registro de patente no INPI em dez/2012. O sistema permite a avaliação do grau de contato da chave por meio da triangulação e detecção de feixes ópticos laser complementemente isolado da alta tensão, bem como informações visuais do contato da chave transmitidas por uma microcâmera. Todos dados coletados na chave são transmitidos por meio exclusivo da infraestrutura óptica sem ruídos externos.

Os benefícios auferidos com o desenvolvimento e aplicação do produto na CEMIG referem-se ao fato de que o sistema de supervisão on-line de chaves seccionadoras constitui como uma das principais ferramentas para possibilitar a migração da manutenção preventiva para a preditiva sem colocar em risco a segurança e a confiabilidade da operação, permitindo desta forma conhecer sua real condição e diagnosticar ou prognosticar eventuais problemas.

Atualmente, o centro de operação da Cemig D não comanda nenhuma chave sem a presença física de um técnico para confirmar o sucesso da manobra. Portanto, o principal ganho proporcionado por este monitoramento será

medido pela redução do custo de O&M.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Oh, Y.H., Song, K.D., Lee, W.Y., Hahn, S.C., "Coupled Electrical-Mechanical-Thermal Analysis of EHV Disconnecting Switch for Short Circuit Current Condition", In 12th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation, Miami, 2006.
- [2] Rocha, G., Dolezilek, D., Ayello, F. e Oliveira C., "Sistema de Monitoramento de Subestações de Distribuição", Disponível em:
http://www.selinc.com.br/art_tecnicos/6493_Sistema_de_Monitoramento_de_Subestacoes_de_Distribuicao.pdf
- [3] Garcia, D. A. A., Silva, H. A. P., Santos, J. C., Bacega W. R., "Sistema de Monitoramento de Seccionadores Semipantográficos-345kV de Subestações de Transmissão com Sensor Óptico de Posição Absoluta dos Contatos", V CLAGTEE - Latin-American Congress on Electricity Generation and Transmission, São Pedro, nov. 2003.
- [4] Moschim, E.; Silva, R.; Bordonalli, A. C.; Fernandes, Paulo; Sensoria-mento de fechamento de chaves seccionadas utilizando sensores óp-ticos, 02/2008, Revista Eletroevolução, Vol. 1, nº 23, pp.28-32, 2008 .
- [5] Lalongé, P., Morse W., "High voltage disconnect switches: critical to smart grid deployment", Energize, pag. 26-27, November, 2011.
- [6] Rosolem, J. B., Hurtado, Maria Do Rosário Fabeni, Floridia, Claudio, Rossi, José Antonio Donizete, Juriollo, Antonio Amauri, Borin, Flavio, Sanz J. P. M., "Desenvolvimento de Sistema de Sensoriamento Óptico para Detecção de Descargas Parciais em Hidrogeradores", XIX SNPTEE, 2007, Rio de Janeiro/RJ.
- [7] Floridia, C., Rosolem, J. B., Borin, F., Rossi, J. A. D., Hurtado, M. R. F., Juriollo, A. A., Bezerra, E. W., Said, J. C., Sanz, J. P. M., "Desen-volvimento de um Sistema Passivo de Medição da Temperatura e da Deformação do Rotor de Hidrogeradores Através da Tecnologia de Fibras Óticas", XX SNPTEE, 2009, Recife/PE.