Evento: VII SEMINÁRIO DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA[1]
DEVELOPMENT OF A REMOTE MONITORING SYSTEM FOR ELECTRIC POWER SUBSTATIONS

Gabriel Calvaitis Santana[2], Catherine Marquioro De Freitas[3], Giordano Walker[4], Gustavo Castoldi Lucca[5], Mauricio De Campos[6], Paulo Sérgio Sausen[7]

[1] Pesquisa institucional desenvolvida no Departamento de Ciências Exatas e Engenharias (DCEeng), pertencente ao Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC);
[2] Aluno de engenharia elétrica da UNIJUÍ, bolsista PIBITI/UNIJUÍ, gabriel_csantana@hotmail.com;
[3] Aluna de engenharia elétrica da UNIJUÍ, bolsista PIBITI/UNIJUI, catherine.mf@hotmail.com;
[4] Aluno de engenharia elétrica da UNIJUÍ, bolsista PROBITI/FAPERGS, gi.walker@hotmail.com;
[5] Aluno de engenharia elétrica da UNIJUÍ, bolsista PIBIC/CNPQ, gusc.lucca2@gmail.com;
[6] Professor Mestre do DCEeng, orientador, campos@unijui.edu.br;
[7] Professor Doutor do DCEeng, colaborador, sausen@unijui.edu.br

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e econômico, tem provocado um aumento significativo no consumo de energia, paralelamente ao fato de que os indicadores coletivos de continuidade (DEC e FEC), tem de ser periodicamente apurados pelas concessionárias. O sistema elétrico de potência atual, apresenta grande complexidade, onde uma falha pode acarretar no desligamento total ou parcial do mesmo, uma vez que as estruturas de geração, transmissão e distribuição são variações e/ou evoluções de tecnologias desenvolvidas na década de 40 do século passado. Atualmente, a introdução do conceito de redes inteligentes (*smart grids*) e de tecnologias de controle, supervisão e monitoramento vêm agregando robustez a estes sistemas.

Em locais desenvolvidos e de grande contingente populacional, a implantação de redes de distribuição subterrâneas é uma realidade. As subestações também podem ser subterrâneas, e em sua grande maioria, devem suportar alagamento total ou parcial. Na hipótese de monitoramento destas subestações, deve ser considerado que as mesmas necessitam de uma infraestrutura de comunicação e que os equipamentos sejam submersíveis, portanto um sistema de monitoramento não pode ser invasivo.

Para garantir a operação segura de sistemas de energia é necessário mantê-lo em boas condições e a medida que as redes inteligentes são incorporadas, a manutenção pode ser baseada nas condições reais de operação, fato que pode evitar um dano permanente (QUIANG, 2012). Neste contexto, este artigo aborda um sistema de monitoramento de subestações subterrâneas implantado na rede de distribuição da CEEE-D, na cidade de Porto Alegre. Serão apresentados alguns resultados das unidades já instaladas no sistema reticulado, bem como os principais eventos detectados até o presente momento.

METODOLOGIA

Na concepção original do projeto, o sistema desenvolvido tinha como base o conceito de

sensores inteligentes e previa processamento local de cada módulo sensor. Os Módulos Sensores Inteligentes (MSI's) podem realizar a leitura de até quatro grandezas, sendo duas analógicas e duas digitais, comunicando-se através de uma rede sem fio ou uma rede física. Um segundo módulo foi desenvolvido, para aquisição das grandezas com dinâmicas rápidas e necessidade de leitura de mais de quarto grandezas, como tensão e corrente no secundário do transformador. Os dados monitorados nos dois sistemas, são conectados em um Gateway, que estabelece a comunicação com o exterior. Como não é possível realizar a comunicação através de um link de rádio ou de uma estrutura cabeada convencional, foi utilizado o sistema PLC (*Power Line Communication*). Conceitualmente, o sistema passou a contar com três módulos.

MÓDULO DE AQUISIÇÃO PRINCIPAL

A placa de aquisição principal é composta por dois microcontroladores de 16 bits que se comunicam através de um barramento CAN. Um deles tem a função de Gateway, responsável por gerenciar, organizar e disponibilizar os dados das leituras em todos os módulos, em um processo de aquisição realizado a cada 10 segundos. O outro é responsável pela aquisição das grandezas do módulo principal e comunicação com a placa do secundário através de um modem de comunicação PLC.

O Módulo Sensor Inteligente, incorporado na placa principal é responsável por monitorar duas grandezas analógicas referentes a temperatura ambiente e o sensor de alagamento. Monitora similarmente sete grandezas digitais, que referem-se aos dois níveis da barra de alagamento, o sensor de intruso, o status do exaustor, a bomba de recalque e também sua proteção. Este módulo controla também, o modem que estabelece comunicação com a placa de grandezas do secundário e sua instalação é feita em uma caixa hermeticamente fechada, conforme ilustrado na figura 1- (a).

MÓDULO DE AQUISIÇÃO DE CORRENTES DO PRIMÁRIO

A placa de aquisição das correntes do primário também é composta por dois microcontroladores de 16 bits, sendo um PIC18f2580 que realiza a leitura de três portas analógicas e quatro digitais. Ele é responsável pela leitura da temperatura do transformador e por realizar a comunicação deste módulo com a placa principal através do barramento CAN. Além disso, ele recebe as informações de corrente do primário através de um barramento serial de um microcontrolador da Texas Instruments. As correntes são medidas pelas bobinas de Rogowski, as quais possuem grau de proteção IP68, garantindo proteção total contra poeira e contra longos períodos de imersão em água. O módulo é demonstrado na figura 1- (b).

MÓDULO DE AQUISIÇÃO DAS GRANDEZAS DO SECUNDÁRIO

Este módulo possui a finalidade da aquisição das grandezas elétricas do secundário, de forma digital através dos relés PEXTRON, de forma analógica, através das bobinas de Rogowski. O sistema é composto por um microcontrolador da Texas Instruments, responsável por realizar a leitura das tensões e correntes do secundário do transformador. Caso a subestação possua relé PEXTRON, a placa fará uma comunicação serial, realizando a aquisição das grandezas diretamente do relé. Caso não possua, as aquisições são realizadas pelo microcontrolador na própria placa. Neste caso as correntes são obtidas também através das bobinas de Rogowski.

Nesta placa, também é realizada a leitura da pressão interna do protetor, além da leitura do status do protetor do transformador. Este módulo, realiza a comunicação com o módulo principal

através de PLC, trazendo a vantagem de que o próprio circuito de alimentação é utilizado para a transmissão de dados.

Em virtude do sobreaquecimento do transformador operando em sobrecarga, foi utilizada uma caixa de metal produzida especificamente para esta finalidade, conforme mostra a figura 1- (c).

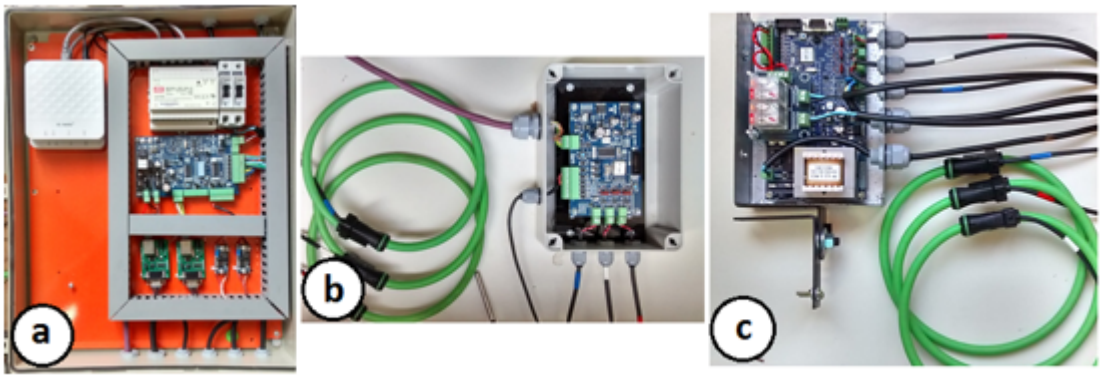

Figura 1 - (a) Módulo principal (b) Módulo das grandezas do primário (c) Módulo das grandezas do secundário

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As 31 subestações instaladas até o momento foram definidas pela CEEE-D. As instalações aqui descritas, foram realizadas até junho de 2017, com tempo médio de instalação de quatro horas, significativamente inferior se comparado aos dois dias dispensados para instalar o sistema antigo.

Além do desenvolvimento dos novos módulos, o sistema supervisório também foi reescrito para contemplar sua melhor visualização, incrementar sua velocidade e torná-lo ainda mais simplificado. Usuários previamente cadastrados são definidos a partir do login no sistema, podendo acompanhar em tempo real o seu comportamento, ou até mesmo ter permissões para alterar os níveis de alarme e criar novas regras de alarme.

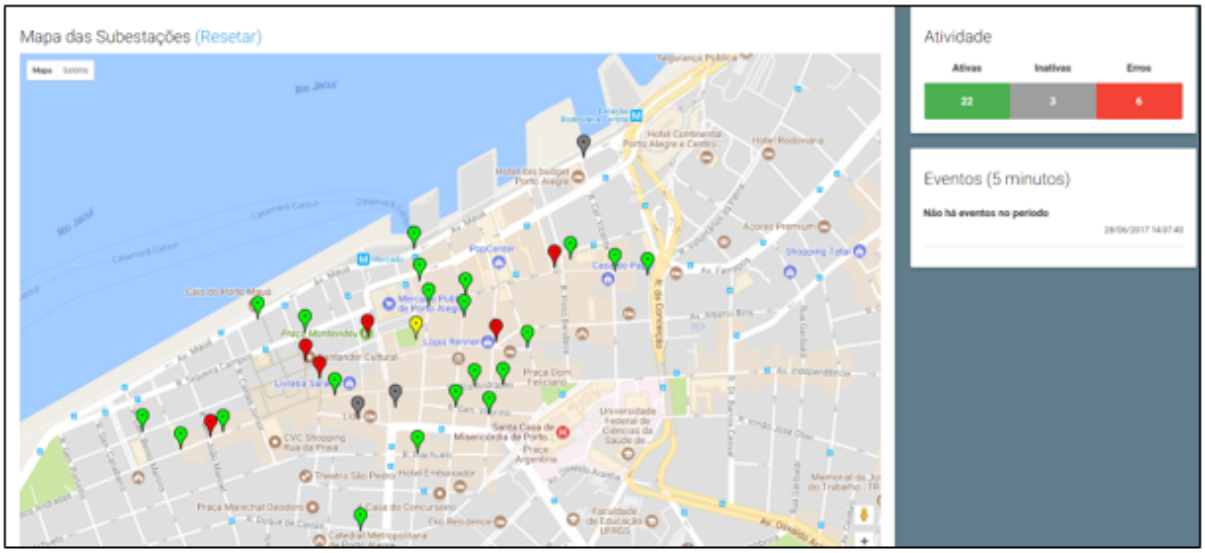

Figura 2 - Localização e informações em tempo real das subestações

A figura anterior (retirada da web no dia 28/06/2017) apresenta um mapa com a localização geográfica das 31 subestações atualmente monitoradas, conforme denominação da CEEE-D. Nela, podemos observar 22 subestações operando normalmente e a inatividade de 3 em virtude de manutenções programadas pela CEEE. Assim como, é possível observar seis subestações apresentando problemas, que podem ser de comunicação ou até mesmo eventos no próprio transformador, como corrente nula no secundário em virtude da atuação dos equipamentos de proteção. Através do sistema é possível ainda, realizar uma consulta no banco de dados sobre qualquer grandeza em qualquer período desde o início do monitoramento.

Na figura 3, foi realizada a comparação das correntes da fase A no secundário das subestações 87/9 (verde), 63/9 (roxo) e 34/3A (azul), no dia 13/04/2016. Nesta, é possível observar que a 87/9 entra em operação sobrecarregada durante dois dias de operação, após um período desligada. Isto devido provavelmente a problemas em outra subestação do sistema reticulado no mesmo setor.

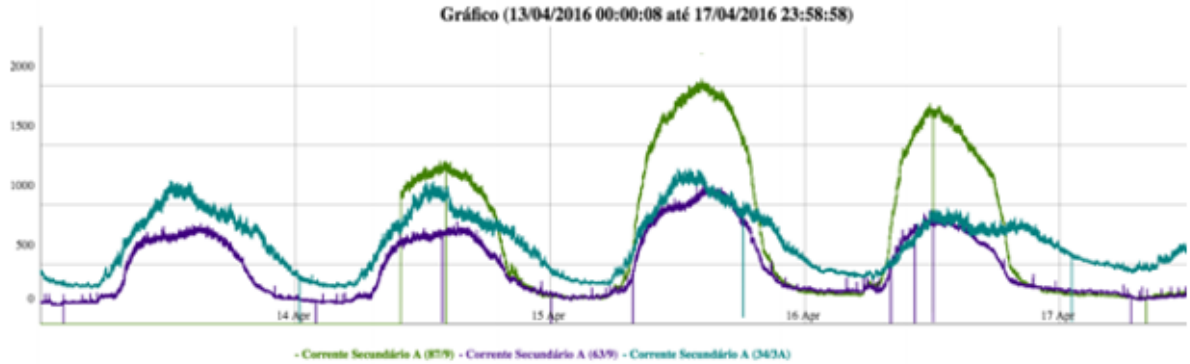

Figura 3 - Comparativo das correntes na fase A em três subestações

Na figura 4, observa-se um defeito ocorrido na subestação 87/9, no dia 25/02/2016. O condutor da fase A se rompeu e a subestação passou a operar de forma desequilibrada. Normalmente sem o monitoramento ela continuaria a operar até que um defeito mais grave, provocasse o total desligamento da mesma. Como o defeito foi percebido rapidamente, a subestação foi desligada no mesmo dia para realização dos reparos (CAMPOS et.al, 2016).

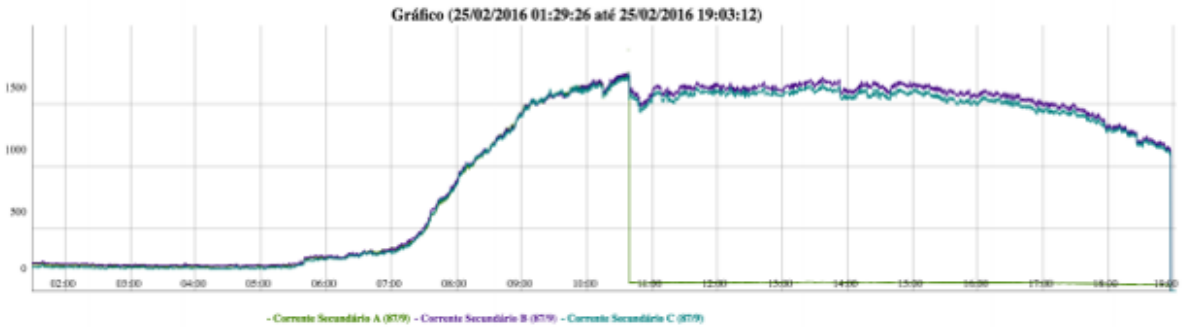

Figura 4 - Defeito na fase A

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento em tempo real das condições de operação é uma das principais vantagens que as redes inteligentes irão proporcionar ao sistema elétrico nos próximos anos. Redução no número de desligamentos, melhoria nas condições de operação, auxilio na tomada de decisões e principalmente, a detecção de defeitos em tempo real, fatos que trazem vantagens tanto para a concessionaria, como para os consumidores.

Existe uma grande tendência de sistemas subterrâneos ocuparem cada vez mais espaço em grandes centros urbanos. Para o monitoramento destes sistemas, o PLC pode ser uma solução vantajosa, no que determina as comunicações de dados da chamada última milha, principalmente por utilizar a infraestrutura existente do sistema, o que reduz efetivamente os gastos com cabeamento.

Os sistemas instalados até o momento demonstram que o mesmo já está pronto e não necessita de ajustes. A abrangência do sistema não se limita somente a subestações subterrâneas. Sendo assim, ele pode ser instalado também em subestações aéreas, realizando o monitoramento em tempo real das grandezas elétricas e físicas da mesma.

Palavras-chave: CEEE-D; Redes Inteligentes; *Power Line Communication*.

Keywords: CEEE-D; *Smart Grids; Power Line Communication*.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), bem como a Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ) e ao Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, Maurício de. et al. “Desenvolvimento de um Sistema Completo de Monitoramento Remoto de Subestações de Energia Elétrica”. Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica – CITENEL, 2016.

Q. Gao, W. Ge, C. Wang, J. Zhang, B. Geng, and X. Jiang, “High voltage equipment online monitoring system of smart substation”. 2012 IEEE Innov. Smart Grid Technol. - Asia, ISGT Asia 2012, pp. 1–5, 2012.