

## **DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO E CONTROLE PARA SISTEMAS ELÉTRICOS – AUTOMAÇÃO DE SUBESTAÇÕES SUBTERRÂNEAS.<sup>1</sup>**

**Maurício De Campos<sup>2</sup>, Paulo Sérgio Sausen<sup>3</sup>, Airam Tereza Romcy Zago Sausen<sup>4</sup>, Manuel Martín Perez Reimbold<sup>5</sup>, Julio Ceza Oliveira Bolacell<sup>6</sup>, Taciana Paula Enderle<sup>7</sup>.**

<sup>1</sup> Projeto de Pesquisa institucional - Desenvolvimento de sistemas de automação e controle para sistemas elétricos - Grupo de Automação Industrial e Controle - GAIC

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias. Coordenador do GAIC.

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias. Coordenador do GAIC.

<sup>4</sup> Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias. Pesquisadora do GAIC.

<sup>5</sup> Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias. Pesquisador do GAIC.

<sup>6</sup> Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias. Pesquisadora do GAIC.

<sup>7</sup> Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias. Pesquisadora do GAIC.

Introdução A necessidade de instrumentação de processos, aliadas aos avanços na comunicação sem fio e na eletrônica, permitiram a concepção das redes de sensores sem fio (RSSF) (Sausen, 2007). A tecnologia aplicada a estes sensores, processamento e redes de comunicação, permitiu ainda a evolução destes sistemas, que passaram a ser denominados de redes de sensores inteligentes. Os sensores não somente coletam dados, mas também desempenham processamento local, podendo atuar no sistema e, posteriormente, quando necessário realizar a transmissão de dados. Estas redes de sensores inteligentes permitem um acompanhamento mais efetivo do sistema, e a detecção de falhas, melhorando assim sua confiabilidade e manutenção (Salvadori, 2009). Entre os desafios da concepção, desenvolvimento e instalação das redes de sensores inteligentes, podem-se destacar ambientes aonde as interferências eletromagnéticas reduzem o seu desempenho, podendo ainda torná-la inoperante (Salvadori, 2007). Nestes casos, redes híbridas que combinam sistemas sem fio com estruturas cabeadas podem ser mais adequadas (Sharma, 2008). Estas estruturas híbridas permitem ainda um melhor gerenciamento de energia destas redes, uma vez que, em alguns casos, o nó sensor pode ser instalado em locais de difícil ou nenhum acesso. Assim, a conexão física pode ainda ser utilizada como redundância do sistema de comunicação. O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema integrando um conjunto de sensores inteligentes e sistemas de comunicação, para aplicação em uma subestação de distribuição de energia elétrica subterrânea. A subestação de distribuição de energia elétrica subterrânea escolhida pertence ao sistema network (reticulado) localizada na cidade de Porto Alegre no Brasil. A profundidade desta subestação varia de 4 a 5 metros, sob camadas de asfalto e concreto. Portanto, outro desafio deste trabalho foi estabelecer a comunicação do sistema instalado no interior da subestação com o exterior, uma vez que isto não é possível através de sistemas de rádio e não estão disponíveis meios físicos instalados para este fim. As redes de distribuição subterrâneas representam uma alternativa vantajosa para aplicações em sistemas de distribuição em grandes centros urbanos, os quais são caracterizados por

# SALÃO DO CONHECIMENTO

UNIJUI 2013  
Ciência • Saúde • Esporte



**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XVIII Jornada de Pesquisa

possuírem grandes concentrações de carga e necessitam de elevados níveis de qualidade, continuidade e confiabilidade do abastecimento de eletricidade. Existem duas formas mais comuns de conexão de sistemas de distribuição subterrânea, o sistema radial ou o sistema network. O sistema network, também conhecido como sistema reticulado, é um sistema de distribuição em baixa tensão, possuindo um conjunto de transformadores cujos secundários são ligados em paralelo, suprindo a carga. Essa topologia permite que o fornecimento de eletricidade se mantenha mesmo que um ou mais transformadores saiam de serviço, desde que a potência total dos transformadores remanescentes seja igual ou superior à demanda drenada pelas cargas, além disso, permite a melhoria da característica de tensão secundária (Gouvêa, et al. 2005). O sistema reticulado é instalado na região central de Porto Alegre, sendo alimentado com tensões primárias de 13,8kV e tensões secundárias de 127/220V. É composto por transformadores de 500kVA, submersíveis, alojados em câmaras subterrâneas sobre o leito das ruas. Os maiores riscos neste tipo de sistema são as inundações, superaquecimento, falha no sistema de proteção, roubos e alterações na pressão do sistema de proteção. As grandezas monitoradas pelo sistema são: grandezas analógicas corrente no primário, a tensão e a corrente no secundário e a temperatura da carcaça do transformador, além da temperatura ambiente; As grandezas digitais, como por exemplo, o estado (ligado ou desligado) das bombas, ventiladores e indicativos luminosos do transformador. O sistema deve também ser apto a monitorar o alagamento da subestação e a entrada de intrusos.

**Metodologia** O sistema desenvolvido tem como base o conceito de sensores inteligentes. 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 e/ou uma rede física. Um segundo módulo desenvolvido foi utilizado para a aquisição das grandezas com dinâmicas rápidas e necessidade de leitura de mais de quatro grandezas como, por exemplo, as tensões e correntes do secundário do transformador. Este dispositivo é chamado de Unidade Remota de Aquisição de Dados (URAD). Os dados monitorados nestes dois sistemas são concentrados em um Gateway. O Gateway estabelece a comunicação com o exterior. Como já foi afirmado, não é possível realizar esta comunicação através de um link de rádio ou de uma estrutura cabeada convencional, uma vez que as características da subestação não permitem a implantação destes sistemas. Assim, foi utilizado um sistema PLC, permitindo a extração dos dados daquele ambiente. Já na área externa, os dados são transmitidos por um sistema GPRS/3G, para um servidor. O sistema de monitoramento apresenta essencialmente os seguintes subsistemas: a) Subsistema de aquisição de dados; b) Link remoto; e c) Subsistema de controle.

**Resultado e Discussão** O sistema testado foi instalado no sistema network/reticulado da CEEE-D (Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica) na região metropolitana de Porto Alegre. O sistema de monitoramento (MSI's e URAD) foi instalado no reticulado nordeste (RNE), na caixa transformadora T-103-7A (código CEEE-D), o qual possui o alimentador 2RNE como supridor de energia. O Gateway desenvolvido gerencia o recebimento dos dados do sistema e é conectado ao transmissor de sinal PLC, na saída de baixa tensão do transformador. A distância aproximada entre este transmissor e o receptor é cerca de 250 metros, uma vez que não existe um caminho direto entre eles. Em função da robustez proporcionada pela adoção da estrutura híbrida para os MSI's e a



# SALÃO DO CONHECIMENTO

UNIJUI 2013  
Ciência • Saúde • Esporte



**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XVIII Jornada de Pesquisa

URAD, não ocorreram perdas de pacotes na comunicação entre eles, uma vez que os dados mais críticos como tensão e corrente, trafegam pelo sistema CAN quando não são recebidos de forma apropriada pelos transceivers. O sistema de bateria dos nós sensores funciona como backup nos casos onde a redundância acontece. Nestes casos, a pior condição possível ocorre quando o nó sensor fica continuamente processando e transmitindo dados, onde sua corrente drenada chega a 57mA de pico. Após a coleta pelos dados no servidor, os mesmos podem ser visualizados em tempo real em um sistema Web, e ainda em sistemas Android e IOS.

**Conclusões** Este artigo apresentou um sistema de monitoramento desenvolvido para monitorar uma subestação subterrânea de distribuição de energia. Os avanços nos sistemas eletrônicos de comunicação e processamento, além do alto grau de integração presente, permitiu o desenvolvimento de um sistema de alto desempenho para estas aplicações. Entre os desafios desta aplicação, pode-se destacar a comunicação entre o interior da subestação monitorada e o meio externo. Ainda, considerando-se a dificuldade de acesso a este sistema, determinou a utilização de um sistema híbrido eliminando a necessidade de manutenção regular das baterias. O sistema ainda permite a sua aplicação em sistemas inteligentes e principalmente em aplicações de detecção de faltas no sistema subterrâneo reticulado.

**Agradecimento** Os autores agradecem o apoio da Companhia estadual de Distribuição de Energia Elétrica CEEE-D, ao programa de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL, a UNIJUI, UFPB e a UFCG.

#### Referências Bibliográficas

- Esro, M.; Basari, A. A.; Kumar, S.; Sadhiqin, A. and Syariff, Z. Controller Area Network (CAN) Application in Security System. World Academy of Science, Engineering and Technology. 2009.
- Gouvêa, M.; Belvedere, E. C.; Oliveira, J. J.; Mascigrande P.E.; Costa E. A.; Brunhetoro, R. F. Desenvolvimento de Padrões para Redes Subterrâneas Híbridas. 2005.
- Sharma, G.; Mazumdar, R. R. A case for hybrid sensor networks. IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 16 Issue 5, pp. 1121-1131. 2008.
- Richards, P. AN228 - A CAN Physical Layer Discussion. Microchip Technology Inc. 2002.
- Salvadori, F.; Campos, M. de; Sausen, P. S.; Camargo, R. F. de; Gehrke, C.; Rech, C.; Spohn, M. A. and Oliveira, A. C. Monitoring in Industrial Systems Using Wireless Sensor Network With Dynamic Power Management. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 58, No. 9, pp. 3104- 3111. 2009.
- Salvadori, F., Campos, M. Camargo, R.F., Gehrke, C., Rech, C., Sausen, P.S., Spohn, M. A., and Oliveira, A. Monitoring and diagnosis in industrial systems using wireless sensor networks, in Proc. IEEE WISP 2007, pp. 1-6. 2007.
- Sausen, P. S., Sousa, J. R. B., Spohn, M. A., Perkusich, A. and Lima, A. M. N. Dynamic power management with scheduled switching modes in wireless sensor networks, in 15th IEEE MASCOTS, Istanbul, Turkey, pp. 1-8. 2008.

