

ANÁLISE DOS ERROS DE COMUNICAÇÃO DE UM SISTEMA PARA AUTOMAÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA SUBTERRÂNEAS¹

Leonardo Sostmeyer Mai², Jonatas Rodrigo Kinas³, Luís Fernando Sauthier⁴, Maurício De Campos⁵, Paulo Sergio Sausen⁶.

¹ Projeto desenvolvido pelo Grupo de Automação Industrial e Controle do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias

² Bolsista Fapergs PROBITI, aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí. E-mail: leonardo.mai@unijui.edu.br

³ Bolsista P&D, aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí. E-mail: jonataskinas@yahoo.com.br

⁴ Bolsista P&D, aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí. E-mail: luisfernandosauthier@gmail.com

⁵ Professor do curso de Engenharia Elétrica, DCEEng Unijuí. E-mail: campos@unijui.edu.br

⁶ Professor do Curso de Ciência da Computação, DCEEng Unijuí. E-mail: sausen@unijui.edu.br

INTRODUÇÃO

A demanda por eletricidade cresce a cada dia, para isto novas formas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, são desenvolvidas. Um exemplo disto são as subestações subterrâneas utilizadas em grandes centros urbanos que demandam níveis elevados de potência e apresentam um espaço físico reduzido para instalação de equipamentos.

Com o advento de tecnologias de automação e controle, um novo conceito é elaborado para este ramo, são as chamadas redes inteligentes (Smart Grids). Existem várias definições para o conceito de redes inteligentes, mas todas convergem para o uso de elementos digitais e de comunicações nas redes que transportam a energia. Esses elementos entre varias funções, possibilitam o envio de uma gama de dados e informação para os centros de controle, onde eles são tratados, auxiliando na operação e controle do sistema como um todo (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2010). Estas redes ainda, diferem-se das tradicionais por apresentarem tecnologias de monitoramento e controle automatizadas, sendo capazes de realizarem autodiagnostico da qualidade de energia e auto recuperações em caso de falha.

O objetivo deste artigo é apresentar um estudo sobre os erros de comunicação entre módulos de aquisição de dados, que utilizam redes CAN (Controller Area Network) e PLC (Power Line Communications). Estudo baseado nos resultados parciais obtidos com um projeto de pesquisa, cujo principal objetivo é o monitoramento de subestações subterrâneas, desenvolvido pelo Grupo de Automação Industrial e Controle da Unijuí em parceria com a concessionária CEEE-D.

O referido projeto, contempla o desenvolvimento completo de um sistema de automação de subestações subterrâneas através do monitoramento e diagnostico de falhas das mesmas, para isto, o

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

sistema conta com três módulos compostos por sensores inteligentes, sendo estes, o Módulo de Aquisição Principal; o Módulo de Aquisição de Correntes do Primário e o Módulo de Aquisição de Grandezas do Secundário, destinados à aquisição das grandezas envolvidas na operação das subestações.

A utilização do PLC neste projeto se faz necessária, pois o protetor do transformador possui um grau de proteção IP68, portanto, é protegido contra poeira e submersões em água, assim, por ser hermeticamente fechado e com pressão interna positiva para evitar a entrada de umidade, não poder ser perfurado para que os dados lidos sejam enviados via cabo para placa principal e tão pouco os dados podem ser retirados via comunicação sem fio, pois o protetor é confeccionado com chapas de aço e aterrado, formando assim uma gaiola de Faraday, impedindo que este sinal seja emitido para fora do protetor. Sendo assim a única alternativa que possibilitou a comunicação entre o módulo de grandezas principal e o módulo de aquisição de grandeza do secundário foi a utilização da tecnologia PLC, que consiste na transmissão de dados pela rede elétrica. A utilização do PLC permitiu a comunicação entre os dois módulos sem que o protetor fosse danificado, evitando furos no mesmo que poderiam colocar em risco sua isolação hermética.

METODOLOGIA

Os meios de comunicação estudados, e cujos erros foram analisados referem-se a duas tecnologias de comunicação de dados diferentes, a CAN e o PLC. O barramento CAN foi escolhido neste projeto devido a sua alta confiabilidade, adaptando-se bem ao ambiente de uma subestação. Por utilizar apenas dois condutores em modo de par trançado (CAN_H e CAN_L), este sistema torna-se barato e imune a interferências eletromagnéticas provenientes das unidades transformadoras da subestação. Os dados enviados pela rede CAN são interpretados através da análise da diferença de potencial entre os dois condutores, portanto foram utilizados condutores em par trançado, a interferência eletromagnética irá causar flutuação de mesmo sentido e intensidade em ambos os condutores, assim, não alterando a diferença de potencial entre eles.

Power Line Communications (PLC) é uma tecnologia que permite a criação de redes de dados utilizando os mesmos cabos da rede elétrica, onde os dados são acoplados no sinal elétrico. Isso faz com que as redes PLC possam ser instaladas em lugares onde redes wireless e cabeadas não poderiam ser instaladas, porém a tecnologia PLC é suscetível a interferência causada por harmônicos presentes na rede elétrica o que cria a necessidade de desenvolvimento de filtros específicos para contornar este problema. No entanto este tópico não será abordado neste artigo por fazer parte de outra pesquisa do GAIC.

Como mencionado anteriormente neste artigo serão analisados apenas os dados referentes aos erros de comunicação entre os módulos de aquisição. Mais especificamente, serão analisados quatro erros que possuem a seguinte descrição:

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

- Erro 1: Erro que ocorre por falha de comunicação serial entre o módulo de aquisição das correntes do primário (MSP430) e o PIC18F2580 utilizado para realizar a comunicação via CAN com o módulo de aquisição principal;
- Erro 2: Erro que ocorre por falha na comunicação PLC entre o módulo de aquisição do secundário e o módulo de aquisição principal;
- Erro 4: Erro que ocorre por falha de comunicação do barramento CAN entre o módulo de aquisição do primário e o módulo de aquisição principal;
- Erro 8: Erro que ocorre por falha de comunicação do barramento CAN entre o PIC que realiza a aquisição de grandezas do módulo de aquisição principal com o PIC do gateway, que realiza a ponte de todo o sistema com o modem PLC. Este erro também ocorre quando da existência de 100 erros do tipo 2 consecutivos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados utilizados na análise realizada neste artigo foram obtidos a partir de uma subestação subterrânea de energia elétrica pertencente a Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE-RS), localizada na área central da cidade de Porto Alegre. O período de amostragem foi de vinte dias, sendo coletado além dos erros, os dados referentes as medições de tensão, corrente e temperatura. Os gráficos gerados permitem uma análise das incidências de erros e a sua comparação com outras variáveis buscando alguma correlação. Uma informação relevante e que pode ser claramente observada a partir da análise dos dados coletados, é que a subestação está instalada em uma área comercial. Assim, como característica principal o consumo é visivelmente mais elevado no horário comercial de segunda a sexta, apresentando um significativa redução nos finais de semana.

O sistema está programado para enviar um pacote a cada 10 segundos para o banco de dados, portanto em 20 dias de operações obtivemos 155.994 pacotes, destes, 24 pacotes apresentaram o Erro 8 e 2.375 apresentaram o Erro 2. Não houve nenhuma ocorrência dos Erros 1 e 4 durante o período analisado, o que mostra uma incidência muito menor de erros no barramento CAN em relação ao PLC. A partir destes dados obtivemos uma taxa média de erro de apenas 1,54% o que mostra a robustez do sistema instalado. Para publicação foi gerado um gráfico com dados de um período de sete dias onde houve maior variação de temperatura, como mostra a Figura 1.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

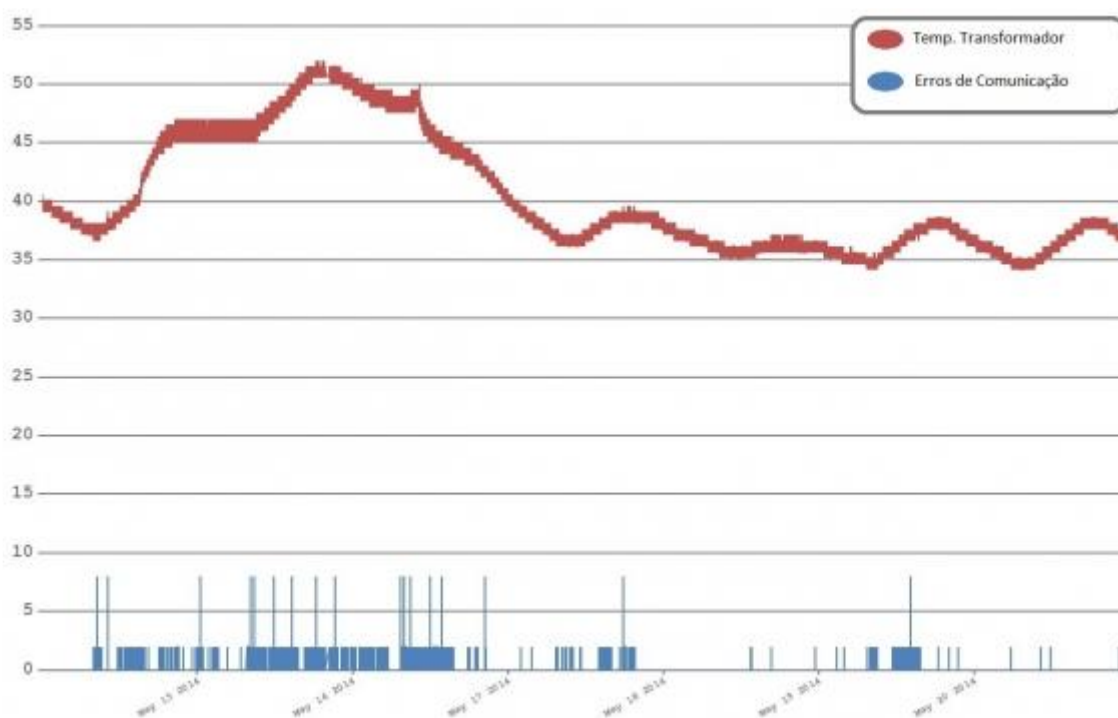


Figura 1 - Gráfico gerado pelo sistema mostrando as falhas de comunicação e a temperatura do transformador

Após análise dos dados, percebeu-se uma possível, correlação entre a taxa de erros da comunicação PLC com a temperatura do transformador (Erro 2). Com base nisso foi realizada uma análise das prováveis causas deste comportamento, um dos fatores encontrados que podem estar induzindo este resultado é a variação da capacitância do capacitor utilizado no circuito de acoplamento, causada pelo aumento da temperatura de operação, responsável por acoplar o sinal PLC na onda sinusoidal da linha de transmissão no modo transmissor e atua como filtro passa alta no modo receptor. Analisando o datasheet do capacitor em questão (VISHAY, 2008) foi constatada que sua temperatura ótima de operação é especificada em 30°C, em comparação, a temperatura de operação do Módulo de aquisição do secundário atinge valores na casa de 80°C. Vale ressaltar que o sistema de monitoramento entrega a temperatura da carcaça do transformador presente na subestação, porém, o modulo de aquisição do secundário está instalado dentro do protetor do secundário, portanto a temperatura de operação do módulo será ainda maior que a temperatura do transformador medida. Essa temperatura elevada de operação faz com que a capacitância seja reduzida, como apresentado na Figura 2.

CAPACITANCE

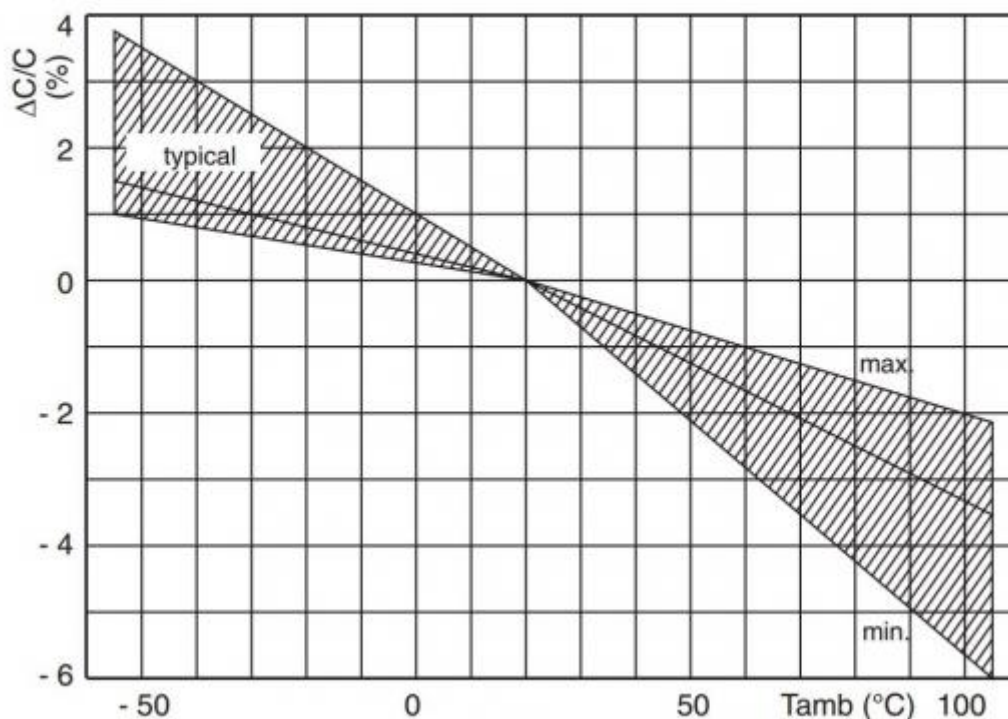


Figura 2 - Variação da capacitância em função da temperatura

Em um cenário extremo onde a redução da capacitância causada pela temperatura chega a 4% somada a tolerância de produção do capacitor de 20% temos um valor real 24% menor que o valor nominal projetado para o circuito, tendo o valor nominal como 680nF o valor real será de aproximadamente 517nF. A partir destes valores podemos calcular a reatância capacitiva do capacitor principal do acoplamento. A medida da oposição que o capacitor oferece à variação de corrente é dada pela sua reatância capacitiva (X_c). O valor da reatância capacitiva é inversamente proporcional à capacitância C (em farads) e a frequência f da corrente. A unidade de reatância capacitiva é dada em ohms e é calculada pela fórmula $X_c = 1/2 * \pi * f * C$. (GEBRAN, 2014). Portanto, para um frequência de 100kHz e um capacitor de 680nF a reatância será de 2,3405 Ohms, já para um capacitor de 517nF a reatância será de 3,0784 Ohms. Esse aumento na reatância do capacitor faz

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

com que a impedância total do circuito transmissor aumente. Isso causará um aumento também da atenuação do sinal PLC transmitido.

Atenuação pode ser modelada como um circuito divisor de tensão, formado pela impedância do transmissor, a impedância dos ramos do circuito e qualquer carga presente no ramo principal do circuito. (ECHELON, 2008). Em linhas de comunicação PLC a atenuação do sinal transmitido é calculado em decibéis (dB), onde a atenuação do sinal é definido em dB como $20\log_{10}(V_{transmit}/V_{receive})$. Portanto, 20dB de atenuação reduzirá o sinal em um fator de 10, 40dB de atenuação corresponde a um fator de 100, 60dB a um fator de 1000 e assim por diante. Em um sistema com atenuação de 80dB, um sinal transmitido com 7V de amplitude será recebido com menos de 700 μ V de amplitude (ECHELON, 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foram apresentados resultados parciais obtidos a partir de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento realizado pelo Grupo de Pesquisa GAIC em parceria com a Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE-RS). Foi realizada uma coleta dos dados gerados por uma subestação operando no centro da cidade de Porto Alegre, a base analisada é correspondente a vinte dias de operação desta subestação.

O objetivo deste artigo era analisar a taxa de erro e estabelecer possíveis correlações com variáveis que atuam no sistema como um todo. Apesar da taxa média de erros encontrada ser de 1,54 % demonstrando a robustez e confiabilidade do sistema e conseqüentemente das tecnologias desenvolvidas, foi possível estabelecer uma hipótese de estudo que correlaciona os erros do PLC com a temperatura. Este estudo apresentado neste artigo demonstra que em regiões com variações térmicas significativas, podem estar sujeitas a uma redução significativa na confiabilidade do sistema. Este estudo demonstra que é prudente, quando da utilização de sistemas PLC, por acoplamento capacitivo, utilizar ou recomendar a utilização de sistemas de controle de temperatura. Cabe reforçar também, que apesar dos erros de comunicação, ficou comprovado o funcionamento da tecnologia PLC para aplicações neste tipo de sistemas. Confirmando sua aplicação onde não é permitido a utilização de tecnologias de comunicação comumente utilizados em outros sistemas de monitoramento tais como cabeada e wireless.

Pretende-se ainda como trabalhos futuros estender esta pesquisa para contemplar um conjunto maior de dados e de unidades transformadoras para validar definitivamente esta Hipótese. Também pretende-se estender o estudo em relação a falhas de comunicação da tecnologia PLC em virtude da atenuação do sinal.

PALAVRAS-CHAVE:

Redes inteligentes; PLC; Acoplamento PLC; Temperatura.

AGRADECIMENTOS:

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

Os autores agradecem o apoio da Companhia Estadual de Energia Elétrica – CEEE, a Fapergs pela bolsa de iniciação tecnológica e a UNIJUI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BRASIL. Ministério de minas e energia. Grupo de trabalho de redes elétricas inteligentes. Smart Grid. 2010. Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/acoes/Energia/Relatxrio_GT_Smart_Grid_Portaria_440-2010.pdf> Acesso em: 24 de maio de 2014.

ECHELON. PL 3120 /PL 3150/PL 3170 Power Line Smart Transceiver Data Book. 2008. Disponível em:

<http://www.echelon.com/support/documentation/manuals/transceivers/005-0193-01B_PL_Data_Book.pdf> Acesso em: 02 de jun. de 2014.

GEBRAN, A. P. Manutenção e Operação de Equipamentos de Subestações. Porto Alegre: Bookman, 2014. 246 p.

VISHAY. Interference Suppression Film Capacitors MKP Radial Potted Type. 2008. Disponível em: <<http://www.vishay.com/docs/28119/mkp3382.pdf>> Acesso em: 22 de maio de 2014.