

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

ANÁLISE DOS PROBLEMAS ENCONTRADOS EM UM SISTEMA DE SUBESTAÇÕES SUBTERRÂNEAS DE ENERGIA ELÉTRICA¹

Caroline Denardi Commandeur², Leonardo Sostmeyer Mai³, Maria Luiza Fabricio De Oliveira⁴, Mauricio De Campos⁵, Paulo S. Sausen⁶.

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

² Bolsista PIBIC/UNIJUÍ, aluna do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí

³ Bolsista FAPERGS/PROBITI, aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí

⁴ Bolsista PIBITI/CNPQ, aluna do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí

⁵ Professor do Curso de Engenharia Elétrica, DCEEng-Unijuí, Orientador

⁶ Professor do Curso de Ciência da Computação, DCEEng Unijuí

Introdução

A eletricidade hoje é essencial para o bem estar de todos. O aumento na demanda por energia implica no desenvolvimento de novas tecnologias de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Um dos meios de distribuição, mais adequado aos grandes centros urbanos são as redes subterrâneas já instaladas em grandes metrópoles onde a demanda por eletricidade é intensa. Estas redes necessitam de subestações, as quais, normalmente abrigam grandes transformadores em câmaras subterrâneas sujeitas a alagamentos e de normalmente difícil acesso. Este trabalho apresenta a análise e a solução de diversos problemas encontrados em um sistema de monitoramento de unidades transformadoras não invasivas com comunicação Híbrida (Wireless, CAM, PLC e Fibra Ótica). Este sistema, insere instrumentação de alto desempenho em subestações de distribuição subterrâneas de energia elétrica da Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica (CEEE-D) localizadas no centro de Porto Alegre/RS.

No projeto original estão sendo desenvolvidas 160 unidades de monitoramento. Para isto, algumas unidades já foram instaladas para realização de testes de comunicação e de funcionamento dos módulos responsáveis pela automação das subestações subterrâneas. Nestas, ocorreram duas falhas, a primeira na comunicação do PLC quando ocorre uma variação extrema de temperatura. A segunda, falha onde foi observado que o sensor de intruso não se resiste ao ambiente e começa a apresentar danos tanto pelo ambiente inóspito e desfavorável como por falta de cuidado das equipes de manutenção.

Desta forma o objetivo deste artigo é apresentar as soluções cabíveis quanto ao sistema de acoplamento do PLC e ao sensor de intrusão da subestação subterrânea, apresentando testes de comunicação e ainda uma revisão bibliográfica dos sensores em busca do mais adequado a situação.

Metodologia

O sistema de monitoramento é formado por três módulos: o Módulo de Aquisição Principal; o Módulo de Aquisição de Correntes do Primário e o Módulo de Aquisição de Grandezas do

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

Secundário, destinados à aquisição das grandezas envolvidas na operação das subestações. A utilização do PLC é muito importante, pois o protetor do transformador possui um grau de proteção IP68, o que significa que este é protegido contra submersões em água. Assim, por ser hermeticamente fechado não podendo ser perfurado para que os dados lidos sejam enviados via cabo ou comunicação sem fio para a placa principal. A única solução encontrada que possibilitou a comunicação do módulo de grandezas principal com o módulo de aquisição de grandeza do secundário foi a utilização da tecnologia PLC.

A tecnologia PLC (Power Line Communication) vem sendo desenvolvida há algum tempo. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), "Power Line Communication (PLC) é um tipo de sistema que permite a transmissão de sinais de internet, voz, vídeo e comunicação digital e analógica, por meio da rede elétrica". No Brasil ainda é pouco utilizada por conta do cabeamento não ser feito de forma subterrânea, dessa forma alguns equipamentos atingem altas temperaturas o que danifica a qualidade dos serviços, todavia as instalações já utilizadas em algumas regiões se mostraram eficientes quanto à transmissão de dados.

Com a realização dos devidos testes detectou-se que no atual circuito de acoplamento de comunicação localizado no módulo de aquisição do secundário existem problemas de acoplamento que variam de acordo com a temperatura, o sistema é 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. A temperatura não é o único fator a influenciar os erros de comunicação no PLC, mas também o valor do capacitor no circuito de acoplamento. Ao analisar o datasheet do capacitor C 101 mostrado na Figura 1 do sistema de acoplamento, vemos que sua temperatura ideal de operação é de 30 °C. Contudo, a temperatura interna do transformador atinge valores de até 80 °C, como esse aumento é muito grande ocorre uma variação na capacitância do capacitor causando erros de comunicação.

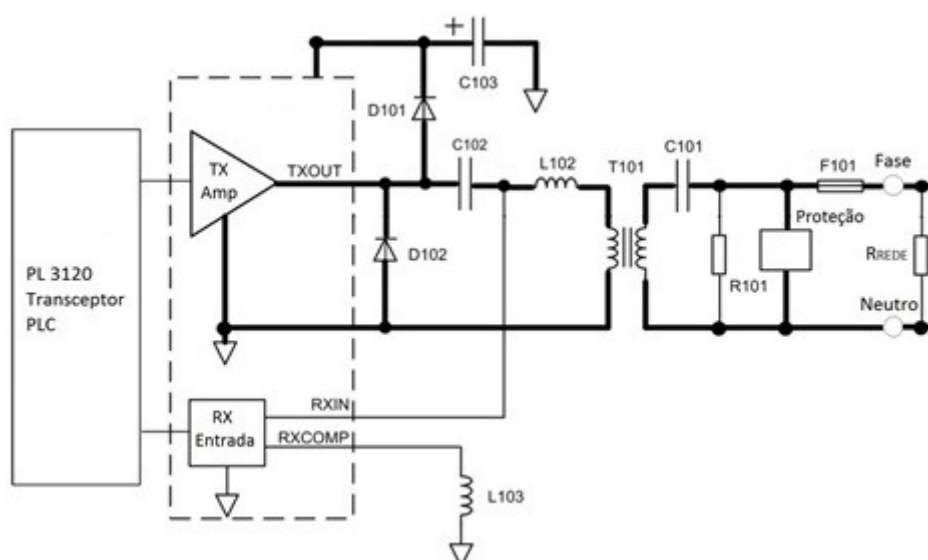


Figura 1 - Circuito de acoplamento

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

A análise dos dados é feita através da Figura 2 que consiste em erros de comunicação no mesmo período de tempo em que a temperatura do transformador atinge valores acima de 30 °C, a temperatura tem essa característica principalmente quando o consumo de energia é elevado, o que ocorre em horário comercial de segunda a sexta.

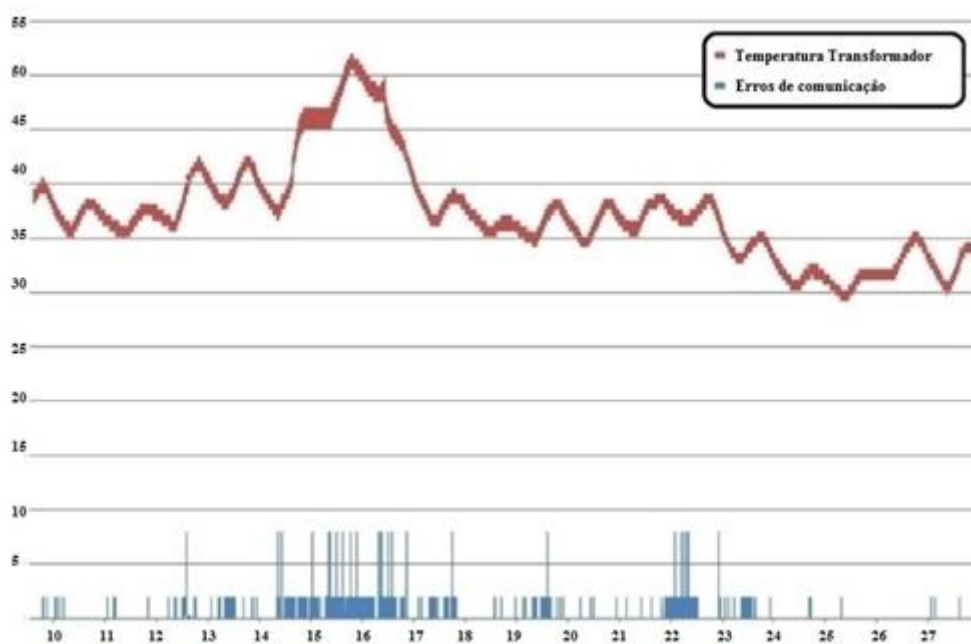


Figura 2 - Erros de comunicação

Outro fator observado refere-se ao fabricante do modem PLC utilizado. Esse, recomenda que o capacitor C 101 seja de 100 nF (ECHELON, 2008). Contudo, o circuito está conectado à saída de um transformador de potência, sendo este, um circuito com carga elevada. Desta forma, quanto maior a carga presente na rede, menor será a impedância (RREDE) que irá compor o filtro passa-alta, impactando diretamente na frequência de corte (FC) do mesmo. Situação essa, evidenciada pela modelagem matemática do filtro, $FC = 1/(2 * \pi * RREDE * C101)$. Por isso, quanto menor o valor de RREDE, maior será a frequência de corte.

Logo, para compensar a baixa impedância da rede é preciso elevar o valor do capacitor C 101, adequando a frequência de corte para valores abaixo da frequência de transmissão do PLC que é de 110 kHz a 138 kHz.

Outro problema encontrado foi com o sensor de intrusão destinado a verificar o estado da tampa de acesso a subestação, o sensor não acusa que a porta da subestação foi aberta, quando acontece manutenção ou reajustes do sistema, uma das causas deste problema é a não adaptação ao ambiente hostil que se encontra. Nas aplicações eletrônicas atuais encontramos uma gama muito grande de sensores cujas características se adequam a finalidade desejada, porem divergem também o seu valor comercial, por causa do curto orçamento optamos por um sensor mais barato e adequado a situação.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

O sensor escolhido é da fabricante Empório Albacora, Figura 3, é uma fotocélula que permite acionar automaticamente luminárias ou controle de iluminação ambiente, compacta, a prova de intempéries pode ser instalada na chuva. A subestação é um ambiente hostil, por causa do transformador pode alcançar altas temperaturas, por ser subterrânea corre risco de ser alagada e necessita de equipamento que aguentem as trocas de ambiente frequentemente.

A fotocélula é constituída de um relé fotoelétrico, 12 V Vcc, 10 A. Dizemos que um sensor fotoelétrico é um transdutor quando ele converte energia luminosa em energia elétrica. É do tipo difuso que consiste em um emissor e um receptor de luz acoplado lado a lado dentro do mesmo invólucro. Um feixe de luz é emitido e quando entra em contato com algum objeto é refletido de volta para o receptor, o receptor então transforma esta ação em dados e converte em comutação de contatos Na (normalmente aberto) ou Nf (normalmente fechado), ou ainda transistor para corrente alternada ou contínua.



Figura 3 - Sensor de Intruso

Resultados e Discussões

Para o problema de acoplamento causado pelo aumento da temperatura, foram realizados testes para verificar o funcionamento do sistema, uma plataforma de ensaios foi desenvolvida, Figura 4, onde seriam montadas todas as placas e testadas quanto ao grau de aquecimento máximo permitido, após a retirada de resultados, nos quais ficou claro que o capacitor de acoplamento aguenta apenas 30 °C, passando desse valor ele sofre danos prejudicando o seu funcionamento. Para prevenir este aquecimento da subestação subterrânea foi instalado um sistema de resfriamento que é ligado automaticamente ao atingir certa temperatura. Verificou-se também que adotando uma capacitância de 1 μ F para o capacitor, mesmo com a impedância de rede em 1,8 Ω , a frequência de corte será de 88 kHz. Valor suficientemente abaixo da frequência de transmissão do modem PLC e, portanto, fazendo com que o sinal não sofra atenuações.

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



Figura 4 - Painel de testes de Acoplamento

Quanto ao problema encontrado com o sensor de intrusão uma caixa foi montada para a realização de testes com o novo sensor escolhido, o sensor é instalado dentro da caixa e conectado a placa do Módulo de Aquisição Principal a qual recebe o aviso em forma de sinal elétrico se a tampa foi aberta ou não. Outro fator analisado foi a submersão em água, o sensor foi imerso em um recipiente escuro contendo água e tampado, após a tampa foi removida para verificar se mandaria o aviso de que a caixa estaria aberta. Os testes realizados demonstraram que o sensor se adequa as características da subestação subterrânea, pois todas as verificações feitas ocorreram como planejado.

Considerações finais

Neste artigo foram apresentadas falhas ocorridas na instalação do sistema de monitoramento de unidades transformadoras que insere instrumentação de alto desempenho em subestações de distribuição subterrâneas de energia elétrica da Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica (CEEE-D) projeto esse realizado em parceria com o Grupo de Pesquisa GAIC (Grupo de Automação Industrial e Controle).

O objetivo do trabalho era descobrir a solução mais adequada aos problemas encontrados. Para o primeiro foi desenvolvimento de um painel de testes para a emulação dos sinais do sistema de monitoramento, com os testes realizados detectaram-se problemas com o circuito de acoplamento de comunicação, causados pela alta temperatura e capacitância do circuito. A solução encontrada foi a instalação de sistemas de resfriamento e mudar o valor da capacitância do capacitor de acordo com a frequência de corte do modem PLC.

Para o segundo problema encontrado referente ao sensor de intruso, que ao abrir a porta da subestação não avisava q a mesma foi aberta. Este sensor é de suma importância, pois avisa se há

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

intruso na subestação subterrânea, manutenções são agendadas pela companhia de energia elétrica, então a abertura da porta é prevista em determinados horário, caso ela for aberta sem autorização a companhia precisa ser avisada, a solução mais prática foi a troca deste sensor por outro.

Palavras-chave: PLC; Acoplamento; Sensor de intrusão, Fotocélula.

Agradecimentos: Os autores agradecem o apoio da Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE-D, a PIBIC pela bolsa de iniciação científica e a UNIJUÍ.

Referências

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Aneel regulamenta o uso da rede de distribuição de energia elétrica para a comunicação de sinais, 2009.

GALLI, S. For the Grid and Through the Grid: The Role of Power Line Communications in the Smart Grid, 2011.

WATSON, N. and ARRILLAGA, J. Power Systems Electromagnetic Transients Simulation. London, United Kingdom: Institution of Engineering and Technology, published in 2003 and reprinted in 2007.

ECHELON. PL3120/PL3150/PL3170 Power Line Smart Transceiver Data Book. 2008. Disponível em: < <http://goo.gl/RqKAK6> > Acesso em: 02 de jun. de 2016.