

Sistema de Localização de Falta na Rede de Distribuição da CELPE

Anapaula N. Ferreira, Evandro M. Simões, Marcelo P. C. Alves, Marcelo S. Santos, Célio F. Barbosa, Eduardo F. da Costa, Flávio E. Nallin, Gustavo H. S. Ribas, Henrique J. Souza, Hélio S. A. Prata, Rogério B. Romano e José M. B. Bezerra

Resumo – Este artigo apresenta um sistema de localização de faltas na rede primária de distribuição, que foi desenvolvido em um projeto de pesquisa aplicada, realizado dentro do programa de P&D da ANEEL, com a participação da Fundação CPqD, da UFPE (Universidade Federal de Pernambuco) e da CELPE (Companhia Energética de Pernambuco). Este sistema é resultante de três produtos desenvolvidos: sensor de parâmetros elétricos, sistema de comunicação e interface homem-máquina (IHM). O sensor é composto por duas unidades: um transdutor e um concentrador. Por sua vez, o sistema de comunicação foi desenvolvido com base em três tecnologias diferentes (GPRS, ZigBee e PLC). A IHM recebe as informações dos sensores e as processa, de forma a permitir que o operador possa gerenciar o sistema e ser informado da ocorrência e localização das faltas, diminuindo sensivelmente o tempo de restauração da rede de distribuição e aumentando a satisfação dos seus usuários.

Palavras-chave - GPRS; Localização de Falta; PLC; Sensor de Falta; ZigBee.

I. INTRODUÇÃO

A motivação principal para a execução deste projeto veio do fato da CELPE possuir aproximadamente 55.000 quilômetros de rede de distribuição em média tensão (rede primária) sem monitoramento remoto de seus dispositivos, com exceção daqueles instalados na subestação. A ausência deste monitoramento se faz sentir, em particular, na dificuldade em localizar faltas na rede. Portanto, o desenvolvimento de um sistema para localização de faltas na rede de distribuição representa um progresso significativo no desempenho operacional da rede, além de ser um passo importante na direção de uma rede inteligente (*smart grid*).

A localização de faltas na rede primária de distribuição é

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica regulado pela ANEEL e consta dos Anais do VI Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (VI CITENEL), realizado em Fortaleza/CE, no período de 17 a 19 de agosto de 2011..

A. N. Ferreira, E. M. Simões, M. P. C. Alves e M. S. Santos trabalham na Companhia Energética de Pernambuco - CELPE (e-mails: anapaula@celpe.com.br; evandro.simoies@celpe.com.br; mpinheiro@celpe.com.br; marcelos@celpe.com.br).

C. F. Barbosa, E. F. da Costa, F. E. Nallin, G. H. S. Ribas, H. J. Souza, H. S. A. Prata e R. B. Romano trabalham na Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações - CPqD (e-mails: grcelio@cpqd.com.br; eduardoc@cpqd.com.br; nallin@cpqd.com.br; gri-bas@cpqd.com.br; jansouza@cpqd.com.br; silvino@cpqd.com.br; botton@cpqd.com.br).

J. M. B. Bezerra trabalha na Universidade Federal de Pernambuco - UFPE (e-mail: jmmb@ufpe.br).

importante para a melhoria de alguns indicadores de qualidade do serviço da CELPE, possibilitando a diminuição da FEC (frequência equivalente de interrupção de energia por unidade consumidora) e da DEC (duração equivalente de interrupção de energia por unidade consumidora). Reduzir estes parâmetros significa, na prática, aumentar a satisfação dos clientes e o faturamento da empresa. Além disso, a CELPE evita incidir em penalidades junto à ANEEL por ultrapassar os limites estabelecidos para os índices operativos e pode ainda aumentar a sua receita, através do impacto do índice IASC (índice ANEEL de satisfação dos clientes) na revisão tarifária. Finalmente, uma efetiva localização de faltas torna os procedimentos de manutenção mais eficientes, com um melhor aproveitamento dos recursos humanos e materiais.

Para que um sistema de localização de faltas na rede primária de distribuição fosse desenvolvido com sucesso, foi necessário dar um foco na performance de suas partes componentes, a saber: os sensores para monitorar as grandezas elétricas da rede, a transmissão da informação dos sensores até o centro de operações e uma interface homem-máquina

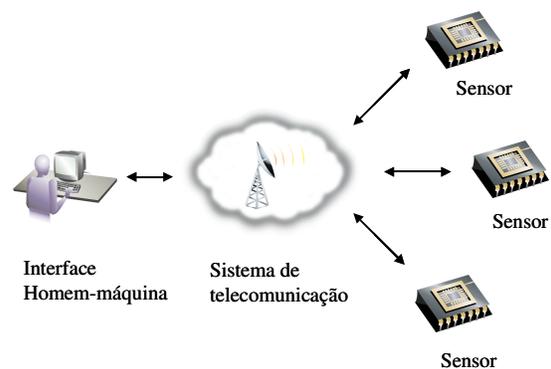


Figura 1. Visão geral do sistema de localização de faltas.

(software) que trata as informações recebidas. A Figura 1 ilustra o sistema desenvolvido, onde podem ser vistos seus principais componentes.

O desenvolvimento de um protótipo deste sistema de localização de faltas na média tensão foi o objeto principal do projeto de P&D aprovado pela ANEEL, denominado “Desenvolvimento de um Sistema de Localização de Falta na Rede de Distribuição da CELPE”. Este projeto, cujo código ANEEL é 0043-007/2007, foi desenvolvido nos ciclos 2006/2007 e 2007/2008 com a participação e execução da

Fundação CPqD, com o auxílio técnico da UFPE, e, como proponente, a CELPE.

II. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A. Sensor

1) Descrição Geral de Funcionamento

Considera-se que uma falta na rede primária de distribuição pode ser caracterizada por uma elevada intensidade de corrente fluindo por uma fase, seguida de uma falta de tensão na fase. Cabe observar que apenas uma elevada corrente não caracteriza uma falta, pois a corrente de magnetização de transformadores ("inrush") também é elevada [1]. A ausência de tensão significa que o dispositivo de proteção contra sobrecorrentes atuou corretamente. Como é possível a operação monopolar destes dispositivos (e.g., chave fusível), a monitoração da falta deve ser feita em todas as fases da linha.

A monitoração de corrente e tensão nas fases através de equipamentos de medição tradicionais (transformadores de corrente (TC) e de potencial (TP)) se mostra indesejável, em função do alto custo associado. Portanto, foram desenvolvidos neste trabalho sensores de corrente e de tensão que apresentam baixo custo de produção. Estes sensores monitoram continuamente tensão e corrente nas fases, e fornecem um alerta quando identificam uma falta. Os níveis de referência devem ser ajustados de forma a discriminar entre corrente de falta e de carga, e entre tensão de serviço e residual [2].

A alimentação do sensor deve ser provida, preferencialmente, por um circuito de baixa tensão. Nos casos onde não houver rede de baixa tensão, deverão ser utilizadas alternativas de alimentação, como painel solar, transformador de potencial ou divisor de tensão capacitivo. O equipamento conta ainda com uma bateria interna com autonomia média de 48 horas.

Em condições normais de operação da rede, o sensor envia suas informações para a IHM em intervalos regulares. No entanto, quando da detecção de uma falta, o sensor envia imediatamente as suas informações para a IHM. Além disso, a IHM pode requisitar informações ou ajustar parâmetros do sensor a qualquer momento, a critério do operador.

2) Transdutor

O sensor é constituído de duas unidades: um transdutor que fica instalado próximo da fase monitorada e um concentrador que fica instalado no poste. O transdutor converte os campos eletromagnéticos produzidos pela fase monitorada [3] em tensões contínuas proporcionais à amplitude da corrente e da tensão na fase. Estas tensões são transmitidas para o concentrador, que digitaliza estas tensões, as processa para identificar uma falta e transmite as informações para a IHM. As informações são disponibilizadas pelo concentrador através de uma interface RS232, a qual é compatível com os diversos sistemas de comunicação utilizados. A Figura 2 ilustra a instalação do sensor em um poste com uma estrutura normal.

Testes realizados em laboratório de alta-tensão mostram que a instalação do transdutor não reduz a tensão disruptiva

em frequência industrial da estrutura e estima-se que o NBI da estrutura também não será afetado, especialmente para cruzetas de concreto. Todos os transdutores são aterrados no seu local de instalação, de forma que uma eventual falha do isolador leva a um curto-circuito fase-terra. Cabe ainda observar que o projeto do transdutor foi direcionado para estruturas convencionais, por serem a grande maioria na rede da CELPE. No entanto, com algumas adaptações, o transdutor poderá ser utilizado também em redes compactas. Por outro lado, a sua utilização em redes multiplexadas ainda requer um estudo mais aprofundado.

Os sinais fornecidos pelo transdutor para o concentrador são influenciados principalmente pela fase mais próxima. No entanto, como também existe um acoplamento com as outras fases, o sinal do transdutor é influenciado por este acoplamento. Estes fatores de acoplamento entre fase e transdutor foram levantados em laboratório para diversas estruturas de rede primária de distribuição, tanto para cruzeta de madeira quanto para cruzeta de concreto. Com base nestes fatores e no modelamento matemático adequado, é possível cancelar a influência das fases vizinhas no cálculo das grandezas elétricas de uma fase. Este cálculo é realizado pela IHM a partir das informações recebidas do sensor.

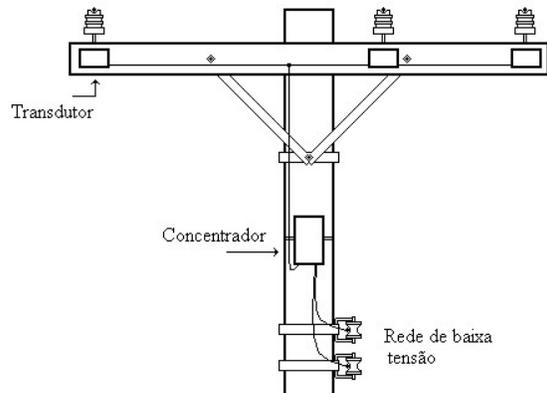


Figura 2. Configuração de instalação do sensor.

A Figura 3 mostra um protótipo de transdutor sendo submetido a ensaios elétricos em laboratório, visando obter os fatores de acoplamento. Nestes ensaios, a tensão aplicada na fase foi variada de 2,5 kV a 15 kV e corrente foi variada de 5 A a 200 A.



(a)



(b)

Figura 3. Protótipo do transdutor submetido aos testes de: (a) tensão e (b) corrente em laboratório.

A Figura 4 mostra as distâncias consideradas na determinação dos fatores de acoplamento, enquanto a Figura 5 mostra a tensão fornecida pelo sensor para uma tensão de 10 kV aplicada na fase, $y = 180$ mm e cruzeta de madeira. A partir deste perfil de tensões, é possível determinar os fatores de acoplamento para uma determinada estrutura.

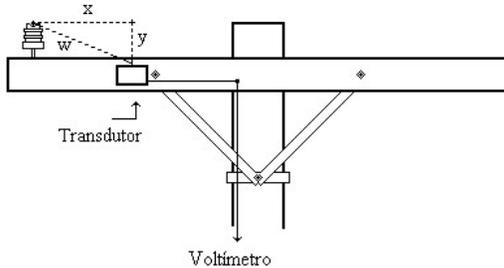


Figura 4. Distâncias entre a fase e o transdutor.

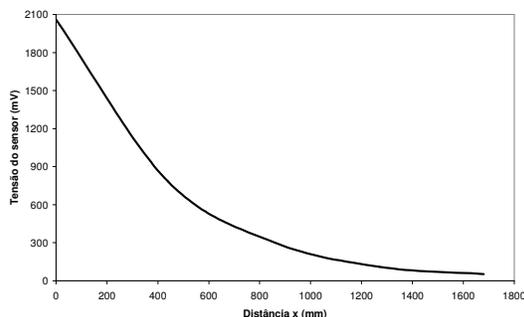


Figura 5. Tensões do transdutor em função da distância da fase.

3) Concentrador

O concentrador constitui a principal unidade do sistema, pois é ele que faz a digitalização das informações dos transdutores e as organiza para serem transmitidas para a IHM. Além disso, o concentrador também processa as informações

visando detectar faltas e outros eventos, como a abertura do seu disjuntor e falta de alimentação elétrica na sua entrada, por exemplo. A Figura 6 mostra uma vista frontal do concentrador, já em seu formato definitivo. Os LEDs são acionados quando uma falta é detectada na respectiva fase, o que aciona também LEDs de potência no exterior do gabinete. Estes LEDs externos visam ajudar na orientação das equipes de campo na localização da falta. As informações do concentrador são disponibilizadas através da interface RS232 e as informações dos sensores chegam através de conector apropriado. Para realizar as suas funções, o concentrador conta com um microprocessador, cujos conversores AD são utilizados para converter as tensões dos transdutores em sinais digitais.

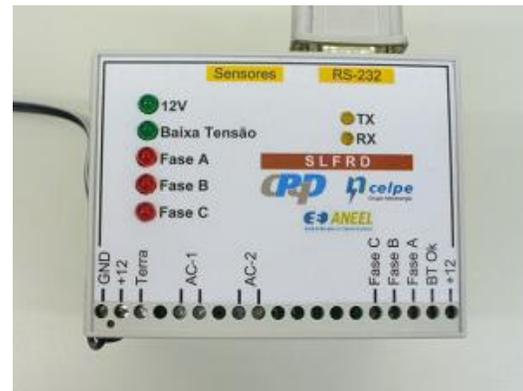


Figura 6. Vista do Concentrador.

B. Sistema de Telecomunicações

Visando explorar as potencialidades das diversas tecnologias de telecomunicações, foram selecionadas três tecnologias para fazer a comunicação entre o sensor e a IHM: ZigBee, Rede celular (GPRS / 3G) e PLC (*Power Line Communication*). Cada uma destas tecnologias tem particularidades que podem se mostrar úteis nas diversas configurações de redes, as quais serão descritas a seguir.

1) ZigBee

ZigBee é o nome da especificação para uma suíte de protocolos de comunicação utilizados por rádios digitais pequenos e de baixa potência, baseados no padrão IEEE 802.15.4 para “*Wireless Personal Area Networks*” (WPANs). No Brasil, os rádios ZigBee operam na faixa de 2,4 GHz, com taxa de dados que variam de 20 kbit/s a 250 kbit/s. Cabe observar que a faixa de 2,4 GHz é livre, isto é, não é necessária uma licença do órgão regulador para operar nesta faixa.

A principal característica da tecnologia ZigBee é sua capacidade de configurar redes automaticamente, oferecendo alta confiabilidade quando há um grande número de transceptores dentro de uma mesma área de operação. Portanto, no projeto em questão a tecnologia ZigBee se torna atraente quando houverem diversos sensores instalados em uma área relativamente pequena (da ordem de alguns km^2). A Figura 7 mostra o transceptor ZigBee desenvolvido para aplicação

neste projeto.



Figura 7. Módulo ZigBee desenvolvido para este projeto.

2) Rede Celular (GPRS / 3G)

A utilização da rede celular é uma das formas mais comumente utilizadas para transmissão de dados sem fio, que adquiriu grande popularidade através das máquinas de cartão de crédito. As duas formas mais utilizadas para transmissão de dados nessa rede são GPRS e 3G, sendo a última uma evolução da primeira. A tecnologia GPRS está presente em todos os lugares que possuem cobertura GSM, enquanto a tecnologia 3G necessita instalação de novos equipamentos e apenas um pequeno percentual da malha de estações está apta a trabalhar com a nova tecnologia. Portanto, a tecnologia GPRS se mostra como mais adequada à aplicação neste projeto do que a 3G.

Ao contrário da tarifação de voz, que é cobrada por minutos, a transmissão de dados é cobrada por pacotes, que geralmente possuem um tamanho máximo de 1000 bytes. Desta forma, os dispositivos podem permanecer sempre conectados a um custo muito baixo. As principais vantagens de utilização da rede celular é que toda a infraestrutura já está instalada e a cobertura do sinal é bem grande. Há um ganho também no custo de aquisição dos terminais, posto que a escala de produção é elevada. Devido a estas vantagens, neste projeto, a rede celular será sempre utilizada como *gateway* para o sistema, isto é, as informações dos sensores chegam na IHM através de modems GPRS, utilizando a rede Internet. A Figura 8 mostra um dos módulos GPRS adquiridos para utilização neste projeto.



Figura 8. Módulo GPRS utilizado neste projeto.

3) Power Line Communications (PLC)

A terceira tecnologia considerada para a transmissão dos sinais do sensor consiste na utilização dos próprios fios da rede elétrica para conduzir os sinais de comunicação (*Power Line Communication - PLC*). O sistema PLC utilizado consiste em um par de transceptores que injetam o sinal de comunicação em um condutor da rede primária de distribuição através de acopladores sintonizados na banda da onda portadora. A portadora tem frequência central em 80 kHz e é modulada com um sinal digital através da técnica FSK (*frequency shifting keying*), com uma taxa de transmissão de 2400 bps. Esta taxa de transmissão relativamente baixa possibilita um alcance elevado do sinal de comunicação, sem necessidade de regeneração.

A principal característica do sistema PLC é a possibilidade de fazer uma comunicação ponto-a-ponto em distâncias relativamente longas, possibilitando a instalação de um sensor em uma ponta de rede onde não haja cobertura de sinal GSM. A Figura 9 mostra uma vista interna do modem PLC desenvolvido, o qual tem como característica importante a capacidade de obter a sua alimentação elétrica a partir do acoplador. Desta forma, onde for instalado um modem PLC não há necessidade de se ter uma fonte de energia disponível, como rede elétrica de baixa tensão ou painel solar.



Figura 9. Modem PLC desenvolvido neste projeto.

C. Interface Homem-Máquina (IHM)

As informações dos sensores são tratadas pela interface homem-máquina (IHM), que possibilita uma visão geral da rede de sensores assim como disponibiliza informações particulares de cada sensor. A IHM permite também que o operador gereencie a rede de sensores, atualize as informações cadastrais e ajuste os parâmetros de funcionamento de cada sensor.

A Figura 10 mostra a tela principal da IHM contendo a rede experimental do CPqD. Esta rede consiste em um alimentador trifásico operando em 11,9 kV com cerca de 1 km de extensão, ao longo do qual foram instalados quatro senso-

res (S1-S4). Deste alimentador deriva um ramal onde foram instalados dois sensores (S5 e S6). A subestação indicada no diagrama é de fato um cubículo de proteção e medição, que faz a interface da rede experimental com a rede da concessionária.

Ao se clicar com o mouse sobre um sensor, a IHM mostra uma tela onde são vistas as últimas informações fornecidas pelo sensor, como as tensões e correntes nas fases, assim como a eventual indicação de falta. O sensor fornece tam-

bém suas condições operacionais, como a tensão da sua bateria, se seu disjuntor está aberto ou fechado e se há energia elétrica na sua entrada de energia.

Ao ser detectada uma falta, a IHM recebe a informação dos sensores que detectaram a falta e passa a mostrá-los piscando em vermelho, de forma a chamar a atenção do operador. Opcionalmente, pode também ser habilitado o acionamento de um alarme sonoro.

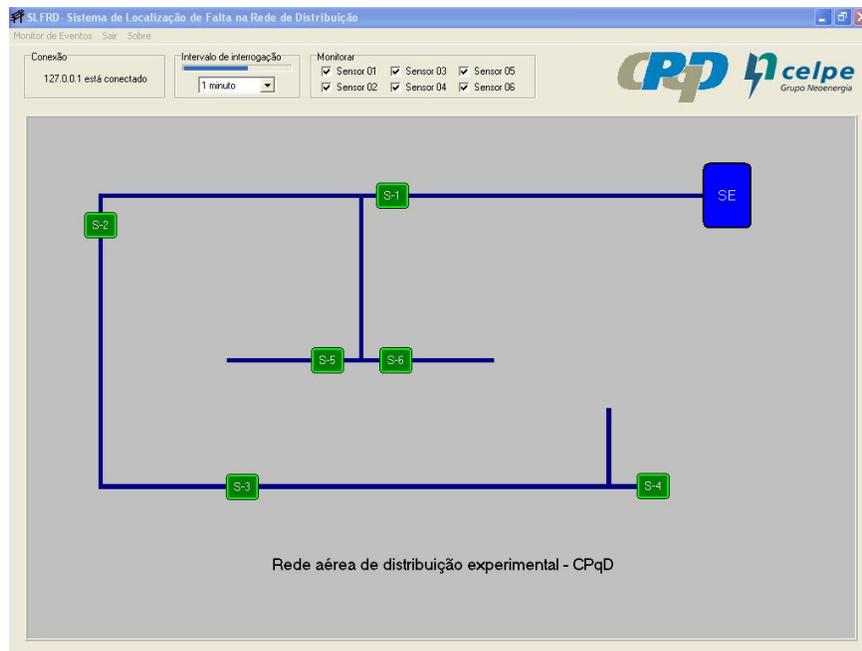


Figura 10. Tela Principal da interface Homem-Máquina.

D. Funcionalidades do Sistema

Esta seção descreve as diversas funcionalidades do sistema desenvolvido neste projeto, evidenciando a sua contribuição para a implantação de uma rede gerenciada de forma dinâmica, dentro do conceito de *smart grid*.

A principal funcionalidade do sistema desenvolvido é a localização de faltas na rede primária, cuja resolução depende do número de sensores e dos critérios utilizados na seleção dos locais de instalação. Por exemplo, se no diagrama da Figura 10 apenas os sensores S1 e S2 detectam uma falta, isto significa que a falta ocorreu no trecho situado entre S2 e S3. Com esta informação disponibilizada imediatamente para o Centro de Operações, a concessionária pode enviar uma equipe de manutenção diretamente para o local, reduzindo o tempo em que a rede fica indisponível. Cabe observar que as faltas eliminadas com operações de religamento não são alarmadas pelos sensores. No entanto, é possível registrar esta informação para tratamento futuro pela concessionária.

Outra funcionalidade importante do sistema é a supervisão do perfil de tensões e correntes durante a operação nor-

mal da rede. Estas informações são muito úteis para regular o perfil de tensões na rede, orientando ações como o ajuste de *taps* na subestação, a instalação de reguladores de tensão ou de bancos de capacitores na rede e o remanejamento de carga.

O histórico das faltas registradas pelo sistema também pode ser útil para determinar o local de instalação de religadores ou chaves na rede. Além disso, o registro das correntes de falta é útil para dimensionar a capacidade dos equipamentos de proteção.

Outra informação útil do sensor é a indicação de tensão na baixa tensão, cuja falta faz o sensor piscar em amarelo. Portanto, se houver tensão na rede primária e não houver tensão na rede secundária, significa que provavelmente houve abertura do elo fusível que protege o transformador.

Uma possibilidade de uso das informações do sistema desenvolvido é a detecção de faltas de alta impedância, que constitui ainda hoje um desafio para as concessionárias. Fazendo referência ao diagrama da Figura 10, caso haja tensão no sensor S3 e não haja tensão no sensor S4, significa que houve interrupção do circuito entre S3 e S4. Se não houver um dispositivo de proteção contra sobrecorrentes neste tre-

cho, isto significa que houve ruptura de condutor. Caso este tipo de detecção se mostre efetivo na prática, pode-se no futuro fazer com que a IHM envie uma ordem de abertura ao dispositivo de proteção situado imediatamente a montante do trecho em questão.

III. TESTE PILOTO

A CELPE escolheu um alimentador que apresenta elevado histórico de ocorrências, visando avaliar, em condições reais, a eficácia do sistema de localização de faltas. Após consulta ao banco de dados de ocorrências na rede de distribuição (faltas), ficou evidenciado que o Alimentador n° 06 de

Belo Jardim (BLJ 01 V6) atendia às características desejadas para esta instalação.

A partir da análise do diagrama unifilar deste alimentador, foram selecionados 4 (quatro) pontos preferenciais para a instalação dos sensores do sistema de localização de faltas (SLFRD). Estes pontos foram selecionados tendo como premissa a utilização das informações dos sensores para auxiliar as equipes de manutenção da CELPE na localização dos defeitos. Este alimentador parte da Subestação Belo Jardim, situada a cerca de 50 km de Caruaru, em direção a São Caetano (PE). Portanto, os pontos selecionados ficam cerca de 30 km de Caruaru.

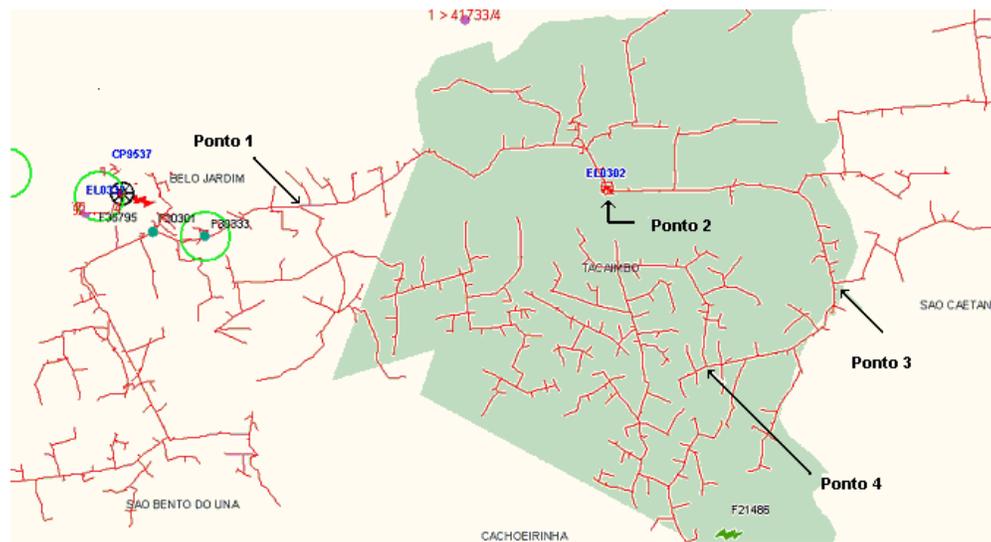


Figura 11. Diagrama unifilar do Alimentador BLJ 01 V6 contendo os pontos dos sensores do SLFRD.

A. Ponto 1

- Para a instalação dos sensores, foi instalada uma cruzeta N1 abaixo da cruzeta existente e aumentado o “pulo” para o ramal.
- Este poste não tem rede de baixa tensão. De forma que foi necessário instalar um transformador de potencial (TP) para alimentar o sensor.
- Também foi necessário instalar um aterramento neste poste.
- Deve ser observado que o Sensor 1 supervisiona o ramal que deriva do alimentador neste ponto.

A Figura 12 mostra a estrutura do Ponto 1 com os sensores já instalados, onde pode-se ver os sensores abaixo dos isoladores de pino, o gabinete com o concentrador e o TP utilizado para sua alimentação.



Figura 12. Sensores instalados no Ponto 1.

B. Ponto 2

- Para a instalação dos sensores não foi necessário alterar a estrutura.

- Este poste já tinha rede de baixa tensão, o que possibilitou alimentar o sensor.
- Este poste também já tinha um sistema de aterramento disponível.

C. Ponto 3

- Para a instalação dos sensores foi necessário instalar uma cruzeta N1 em segundo nível e alterar o “pulo” para esta cruzeta.
- Este poste não tinha rede de baixa tensão, tendo sido necessário puxar um ramal do poste vizinho (cerca de 30 m) para alimentar o concentrador.
- Este poste tinha um sistema de aterramento disponível.

A Figura 13 mostra a instalação no Ponto 3 (vista frontal), onde podem ser vistos os sensores e o concentrador.



Figura 13. Sensores instalados no Ponto 3.

D. Ponto 4

- Para a instalação dos sensores foi retirada a cruzeta R1 e instalada uma cruzeta N1 em seu lugar, como pode ser observado na Figura 14.
- O poste não tinha rede de baixa tensão, tendo sido necessário puxar um ramal do poste vizinho. Cabe comentar que foi feita a opção de instalar o SLFRD em um poste vizinho ao poste que foi identificado durante a fase de projeto, em função da facilidade de acesso.
- Não foi necessário instalar um aterramento neste poste, tendo sido utilizado o cabo de aterramento que vem do transformador (neutro).



Figura 14. Sensores instalados no Ponto 4.

E. Supervisão do Teste Piloto

A supervisão do teste piloto (ainda em funcionamento) é realizada através de um servidor de rede instalado no CPqD. Os concentradores da instalação piloto enviam periodicamente seus dados para este servidor e os diversos usuários do SLFRD consultam e operam o sistema através de uma conexão com o servidor. Todo o sistema de comunicação é baseado em protocolo IP (rede Internet), sendo que um usuário precisa ter:

- o aplicativo do SLFRD-Client instalado em sua máquina;
- uma conexão de Internet com a porta 8080 liberada;
- senha de acesso fornecida pela equipe do CPqD.

O acesso ao SLFRD pode se dar de dois modos. O acesso completo permite visualizar as tensões e correntes da linha e os alarmes do SLFRD, assim como ajustar parâmetros dos alarmes e desativar remotamente sensores alarmados. O acesso restrito permite apenas visualizar as tensões e correntes da linha e os alarmes do SLFRD. Além dos acessos do CPqD, foram disponibilizados até o momento quatro acessos para a CELPE, a saber:

- Coordenação do projeto (acesso completo);
- Centro de Operação Integrada - COI (acesso completo);
- OSCR (acesso restrito);
- EMTD (acesso restrito).

Os sensores foram ativados através de conexões GPRS, utilizando *chips* da TIM fornecidos pela CELPE. O período inicial de funcionamento foi marcado por instabilidade na comunicação, em função de problemas na rede da TIM. Estes problemas foram sendo solucionados e a estabilidade do SLFRD aumentou, possibilitando o acompanhamento remoto do alimentador.

IV. CONCLUSÕES

Este artigo descreveu o desenvolvimento técnico do projeto de P&D “Sistema de Localização de Faltas na Rede de

Distribuição da CELPE” (SLFRD), que obteve, entre outros resultados, os protótipos do transdutor de tensão e corrente, da unidade concentradora, do sistema de comunicação e da interface homem-máquina. Além desses, outro resultado importante foi a implantação do Projeto Piloto na região de Caruaru (PE), que teve diversas características e fotos dos pontos de instalação apresentadas neste artigo.

A validação técnica do sistema desenvolvido foi estabelecida através dos resultados obtidos em laboratórios do CPqD e em campo. No Projeto Piloto já citado, foi possível constatar que os registros de alarme do SLFRD estiveram coerentes com os registros de atuação dos religadores, instalados na subestação do Alimentador BLJ 01 V6 (Belo Jardim).

Ao final deste projeto, foram coletadas diversas sugestões de melhoria para o sistema desenvolvido, que poderão ser implementadas em um possível projeto de P&D do tipo “Cabeça-de-Série”. Dentre elas, podemos citar as seguintes:

- O reset automático do modem GPRS;
- A utilização de mensagem SMS para informar a atuação dos sensores;
- Desvincular o estado de alarme da capacidade do sensor detectar uma falta;
- Colocar a informação de tempo no sensor e não no servidor.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Greenwood, A., "Electrical transients in power systems", John Wiley & Sons - pp.27-31, 1971.
- [2] Caminha, A. C., "Introdução à proteção dos sistemas elétricos", Editora Edgard Blucher Ltda., 1977.
- [3] Hallén, E., 1962. "Electromagnetic theory," John Wiley & Sons, New York.