Sensoriamento de Interrupções em Redes de Distribuição Rural

J.A.Cipoli, M.A. De Marco, R. Kaminski

RESUMO

Este trabalho apresenta um sistema autônomo de sensoriamento de ocorrência de interrupções em redes primárias rurais, com as seguintes características básicas:

a- Detecta a ocorrência de uma interrupção, seja ela monofásica, bifásica ou trifásica.

b- Detecta a ocorrência de queda de condutor primário, mesmo estando o condutor rompido tocando o solo somente do lado da carga.

c- Detecta a ocorrência de uma ação de furto de condutores primários

d- Comunica de forma autônoma o COD – Centro de Operação da Distribuição a ocorrência detectada, utilizando o sistema de telefonia celular rural incorporado ao sensor.

e- Auxilia a concessionária na identificação do equipamento de proteção que operou.

O sistema de sensoriamento foi desenvolvido e testado para instalação no poste do transformador rural, ligado nos bornes secundários, antes da medição do consumidor, aproveitando toda a infra-estrutura de transformação, proteção contra surtos e aterramento já implantados.

Cumpre destacar que o conjunto completo de sensoriamento e comunicação já instalado, ainda na fase de protótipo, conseguiu atingir a meta prevista no projeto de P&D CPFL – Mackenzie de não superar o valor de R$ 1500,00 por unidade.

Os testes realizados de janeiro a julho de 2002 com os 03 protótipos foram amplamente favoráveis, estando atualmente a CPFL e o Mackenzie envolvidos na transformação do "protótipo" em "produto" e na certificação de fabricantes.[1]

PALAVRAS-CHAVE

Distribuição, energia, interrupções, sensor, sensoriamento.

I . INTRODUÇÃO

Este informe foi preparado a partir dos estudos e das pesquisas desenvolvidos no Projeto de P&D "Sensoriamento de Interrupções em Redes de Distribuição Rural", realizado pela Universidade Mackenzie para a Companhia Paulista de Força e Luz.

O projeto de P&D teve por objetivo pesquisar, desenvolver, implantar em área piloto e aprimorar um sistema de sensoriamento e monitoração remota de interrupção no fornecimento de energia elétrica.

A originalidade do projeto pode ser indicada pelo desenvolvimento do equipamento sensor que funciona integrado com o sistema de proteção e operação da CPFL na área rural, bem como o desenvolvimento dos equipamentos complementares de comunicação.

Cabe acrescentar que os sensores e equipamentos complementares terão de ser de baixo custo e facilidade de

manutenção, pois serão utilizados em um sistema elétrico rural com mais de 50.000 Km de linhas classe 15 kV da Companhia Paulista de Força e Luz, onde o número de dias de trovoadas varia de 60 a 100 por ano.

Priorizou-se a verificação em campo da funcionalidade e do desempenho do sistema de sensoriamento face a ocorrências na rede, auto-teste, influência de variação nas condições do tempo e locais com sinal de comunicação celular bom, regular, fraco e muito fraco.

Os testes iniciais concentraram-se no Centro de Treinamento da CPFL, no município de Paulínia – SP, localizado a cerca de 20 km de Campinas.

Em seguida o teste de campo se concentrou na propriedade rural denominada Sítio Rio Manso, no município de Espírito Santo do Pinhal – SP, localizado a cerca de 100 km de Campinas, que é uma região onde o sinal de telefonia celular se situa na faixa de muito fraco/inexistente.

II. REQUISITOS ESTABELECIDOS PARA O SISTEMA DE SENSORIAMENTO

As premissas básicas estabelecidas para a pesquisa do sistema de sensoriamento a ser adotado conduziram às seguintes alternativas:

Alternativa 1 - Avaliar o conjunto sensor baseado na tecnologia de um indicador de falta e comunicação baseada em rádio troncalizado e carregador solar.

Alternativa 2 – Avaliar conjunto composto por sensor e sistemas de comunicação já disponíveis no mercado nacional e internacional.

Alternativa 3 – Avaliar conjunto composto por sensor a ser desenvolvido pela equipe do projeto, a ser instalado nos bornes secundários do transformador, antes do medidor do consumidor rural e celular rural.

J. A.Cipoli - engenheiro eletricista EPUSP/69, atualmente é professor e pesquisador da Universidade Mackenzie, cipoli@lexxa.com.br.

M. A. De Marco – engenheiro eletricista EFEI/75, atualmente é pesquisador da Universidade Mackenzie.

R. Kaminski – engenheiro eletricista, FCTUC/79, atualmente é engenheiro do Depto. de Operação da CPFL.

Definiu-se também que a solução a ser escolhida poderia ser o resultado de um mix de partes das alternativas anteriores.

Como requisito fundamental foi estabelecido que, o sensor a ser escolhido deveria ser sensibilizado tanto por interrupções trifásicas como também por interrupções monofásicas e o custo do sistema completo não poderia exceder R$ 1500,00 por unidade.

III. PESQUISA DO SENSOR

A partir dos requisitos estabelecidos foram analisados vários sistemas de sensoriamento e o resultado é apresentado a seguir.

A alternativa 03 foi a escolhida em função da grande quantidade de transformadores instalados ao longo das linhas rurais, possibilitando a implantação de sensores confiáveis na baixa tensão, em locais estratégicos para o sistema elétrico.

Com referência ao sistema de comunicação, a equipe técnica do Mackenzie, em conjunto com a equipe técnica da CPFL concluiu que há grande dificuldade em se utilizar o sistema troncalizado, em função do preço do equipamento e também do custo de manutenção do mesmo. Em função dessa constatação, ficou definida que, com relação ao item comunicação, seria priorizada a utilização da telefonia celular rural.

A equipe técnica do Mackenzie efetuou pesquisa junto a vários prováveis fornecedores deste tipo de solução e, localizou no mercado empresa que demonstrou o conhecimento e a capacidade técnica necessária para executar a construção do sistema de sensoriamento proposto utilizando o sistema de telefonia celular rural (que é sua especialidade).

IV. PROTÓTIPOS DO SISTEMA "SENSOR/ EQUIPAMENTOS COMPLEMENTARES"

Os componentes básicos do protótipo são os seguintes:

- Monitor trifásico de tensão: detecta as interrupções originadas na rede primária e no sistema de transmissão.É dotado de ajustes de tensão e do tempo de inibição.
- Temporizador: dispõe de ajustes de intervalos para o acionamento do sistema de comunicação durante as interrupções.
- Módulo de comunicação: composto de discadora, interface celular rural e do celular.
- Alimentação: bateria e fonte de alimentação.
- Autoteste: relé temporizador programável que efetua testes automáticos dos vários componentes do sistema.

A seguir é apresentada a evolução do equipamento :

A. Versão 1.0

Os testes funcionais, em bancada, da versão 1.0 do protótipo do sistema "sensor/equipamentos complementares" consistiram de simulações de ocorrências de falta de energia na baixa tensão, mono e bifásica e a verificação se, com a ocorrência de tais eventos, o sistema sensor responderia da seguinte forma:

- Sentiria a ocorrência do evento,
- Enviaria o correspondente sinal para o sistema de discagem automática,
- O sistema de discagem acionaria o telefone programado como recebedor das chamadas e emitiria um aviso tipo "short message" ou então mensagem de voz.

Os testes foram efetuados com o sistema de discagem acessando tanto telefones celulares como telefones fixos.

Os resultados obtidos foram muito bons e atenderam as expectativas da equipe, pois foram simuladas situações de ocorrência de falta de fase na rede de B.T e o sistema :

- a detectou,
- estabeleceu a comunicação com a central de atendimento e,
- a informou que estava ocorrendo interrupção num dado ponto do sistema.

Na etapa de testes funcionais da versão 1.0 do protótipo, definiu-se que não haverá mensagem diferente para ocorrências de interrupções na rede e para o autoteste, isto porque a probabilidade de ocorrer uma interrupção no exato instante em que o sistema está efetuando e informando a central sobre o resultado do autoteste é muito baixa.

Porém, o fator que mais pesou na decisão da equipe técnica em não manter mensagens diferenciadas para identificação de ocorrências e para o autoteste foi o objetivo pré-estabelecido, pela CPFL, de que o equipamento deveria ser o mais barato possível.

B. Versão 2.0

A versão 2.0 do protótipo do sistema "sensor / equipamentos complementares", teve implementado melhorias com relação à versão 1.0.

Ela foi submetida a situações simuladas de falta de fase na secundária e de falta de fase na primária e os resultados atenderam às nossas expectativas e, o sistema respondeu de forma adequada.

Durante os testes foram verificadas também as operações dos sistemas de temporização de discagem e de repouso que haviam sido implementados.

Quando dos testes funcionais da versão 2.0, em laboratório, verificou-se que, para algumas situações especiais envolvendo a rede secundária, o sensor composto por contatores pode ficar oscilando quando a tensão de alimentação dos mesmos permanece na faixa entre 80 e 180 volts, mas ao atingir 60 volts o desligamento era definitivo. Tal simulação foi efetuada com o auxílio de um varivolt.

Porém, como esses testes em laboratório foram efetuados a partir de uma rede secundária, o resultado dos mesmos se aproxima do que ocorre quando da interrupção de uma fase da rede primária, mas os resultados não são exatamente os mesmos.

Definiu-se por avaliar melhor tais situações especiais, nos testes a serem efetuados no Centro de Treinamento, da CPFL,

em Paulínia. Simulando faltas de fase primárias reais. Os testes de campo confirmaram os resultados obtidos em laboratório e, conseqüentemente a necessidade de substituição dos contatores que estavam sendo utilizados como sensores.

C. Versão 3.0

Em função da utilização de contatores, verificou-se que em situações especiais, o sensor tinha possibilidade de indefinição de operação numa determinada faixa de tensão. Para solucionar este problema, de forma definitiva, optou-se pela substituição dos três contatores por um relé trifásico "monitor de tensão com inibição e retardo".

Tal providência foi tomada e a versão 3.0 foi submetida a testes de campo.

Os testes de campo mostraram que dependendo do mix da carga da rede secundária as tensões fase-fase e fase-neutro que ocorrem na BT, após a abertura de um elo fusível de proteção na MT, são muito elevadas. Esta variação é maior com a presença de reatores e ignitores de iluminação pública.

Após ajustes efetuados nos controles do relé para adequá-lo ao comportamento dos componentes do sistema elétrico (reatores e ignitores de I.P) quando da ocorrência de interrupções monofásicas na rede primária o sistema operou de forma adequada e sem "falsos alarmes".

D. Versão 4.0

A versão 4.0 do sistema sensor (figura 1), incorpora significativas melhorias no que se refere à alimentação de todos os seus componentes, incluindo a nova fonte de 12Vcc e o recarregador de baterias que operam de forma independente.

Com a nova concepção do sistema a bateria somente assume a carga quando ocorre operação do relé sensor, o que corresponde a falta de alimentação no circuito.

Assim sendo, quando o sistema está fazendo o autoteste a alimentação é fornecida pela fonte de 12 Vcc e a bateria está sempre carregada.

Com a adoção desta medida o tempo de operação em que o sistema permanece avisando ao COD, quando da ocorrência de interrupções na rede primária, foi otimizado.

Nos testes efetuados, com somente a bateria alimentando o sistema, o mesmo operou por 09:30 horas de forma ininterrupta, o que atendeu as expectativas e está de acordo com as características da bateria utilizada que é de 7 Ah e com uma corrente média da ordem de 500 mA.

FIGURA 1. Sensor versão 4.0

V. INSTALAÇÃO DO IDENTIFICADOR DE CHAMADAS

Visando proporcionar maior flexibilidade ao sistema de recepção de chamadas do "Sensor/Equipamentos Complementares", foi pesquisado no mercado sistema de identificação de chamadas telefônicas, de baixo custo, com recursos de exportação de dados para softwares do Microsoft Office e que poderiam ser acoplados a um microcomputador.

O identificador escolhido foi um modelo desenvolvido no Brasil. O mesmo é acompanhado de software, compatível com o Windows 95/98, e que possibilita a rápida visualização de detalhes das ligações recebidas. Tal software foi complementado por um aplicativo em ACCESS que filtra as chamadas, identifica o local do sensor e produz relatórios de acompanhamento.

VI. TESTES DE RECEPÇÃO DE SINAL DO SISTEMA DE SENSORIAMENTO

A. Locais dos testes

Os testes foram realizados em regiões em que o sinal de comunicação do sistema de telefonia celular se situasse nas faixas : bom, médio e muito fraco/inexistente.

Tais locais escolhidos foram os seguintes :

1 – Sinal Bom :

Centro de treinamento da CPFL, no município de Paulínia, localizado a cerca de 20 km de Campinas.

2 – Sinal de Médio para Baixo

Na região de divisa entre os municípios de Espírito Santo do Pinhal e Mogi Guaçu, localizada a cerca de 60 km de Campinas.

3 – Sinal Extremamente Fraco/Inexistente

Sítio Rio Manso, UC: 14044005, Coordenadas UTM: 315460 / 533330, Alimentador: PIN-04, Bloco: 0253, Localização: às margens do Rio Mogi Guaçu, Município: Espírito Santo do Pinhal – SP, localizado a cerca de 100 km de Campinas.

B. Verificação dos Níveis de Sinal - Primeira Bateria de Testes – Abril/2002

1 – Sinal Bom

Nesta situação o sistema de sensoriamento opera adequadamente sentindo a falta de energia, discando e avisando a central, localizada em Campinas, da ocorrência.

2 – Sinal de Médio para Baixo

Nesta situação o sistema de sensoriamento continuou a operar adequadamente sentindo a falta de energia, discando e avisando a central, localizada em Campinas, da ocorrência.

3 – Sinal Extremamente Fraco/Inexistente

Na região do Sítio Rio Manso que se situa num vale de uma região montanhosa às margens do Rio Mogi Guaçu, o sinal para telefonia celular se situa na faixa entre extremamente fraco e inexistente, conforme informações coletadas anteriormente na região.

Em levantamentos efetuados junto a vários proprietários rurais da região confirmamos as nossas observações, pois a informação obtida foi que no passado o sinal de celular na região era razoável, porém, de uns tempos para cá o sinal de celular passou a praticamente inexistente.

Nesta situação o sistema de sensoriamento sentiu a falta de energia, discou, porém, não conseguiu completar a ligação para a central, localizada em Campinas, para avisá-la da ocorrência. Tal resultado já era esperado devido às condições adversas de recepção existentes na região, exigindo novos esforços da equipe para solucionar o problema.

C. Verificação dos Níveis de Sinal - Segunda Bateria de Testes – Maio/2002

Após os testes de comunicação realizados na primeira fase, foram introduzidos vários melhoramentos no sistema de comunicação, compreendendo antena, celular e interface.

O resultado da nova bateria de testes é apresentado a seguir :

1 – Sinal Bom

Nesta situação tanto o sistema de sensoriamento analógico como o digital operaram adequadamente, sentindo a falta de energia, discando e avisando a central, localizada em Campinas .

2 – Sinal de Médio para Baixo

Na região de divisa entre os municípios de Espírito Santo do Pinhal e Mogi Guaçu o nível do sinal para telefonia celular situa-se na faixa de médio para baixo dependendo da posição física com relação as montanhas.

Nesta situação tanto o sistema de sensoriamento analógico como os digitais continuaram a operar adequadamente sentindo a falta de energia, discando e avisando a central, localizada em Campinas, da ocorrência.

3 – Sinal Extremamente Fraco/Inexistente

Na região do Sítio Rio Manso (figura 2) situado num vale de uma região montanhosa às margens do Rio Mogi Guaçu, o sinal para telefonia celular se situa na faixa entre extremamente fraco e inexistente, conforme informações coletadas anteriormente na região.

Verificou-se que os ajustes realizados durante o mês de maio no conjunto celular/antena foram eficientes, conseguindo também sucesso na ligação efetuada nessa região. Convém lembrar que nos testes efetuados, na mesma região, em abril de 2002, não foi possível estabelecer a comunicação.

FIGURA 2. Sítio Rio Manso

VII. COMENTÁRIOS FINAIS

A. Referentes ao Sensor

- Exaustivos testes de campo desenvolvidos durante 06 meses em 03 protótipos no Centro de Treinamento da CPFL em Paulínia, no sítio Rio Manso em Espírito Santo do Pinhal e em bairro de Campinas, mostraram que o SIR – Sensor de Interrupção Rural é eficiente e confiável na detecção e comunicação das interrupções.
- A utilização do SIR – Sensor de Interrupção Rural para detectar faltas de alta impedância e furtos de condutores está em fase inicial, porém os resultados preliminares são promissores.

B. Referente ao Sistema de Comunicação

- A utilização do sistema de comunicação baseado na telefonia celular rural mostrou ser eficiente e competitivo.
- A tendência é que a competitividade e a eficiência da comunicação via celular se torne ainda mais atrativa, com o maior adensamento das repetidoras que vem ocorrendo.

C. Referentes ao conjunto Sensor / Equipamentos Complementares

- A eficiência e o custo compatível dos protótipos desenvolvidos e testados indicaram a conveniência dos “protótipos” serem transformados em “produtos”.
- A CPFL e a Universidade Mackenzie estão envidando esforços para a continuação das pesquisas e desenvolvimento de fabricantes do SIR – Sensor de Interrupção Rural.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Relatório Técnico: “Sensoriamento de Interrupções em Redes de Distribuição Rural”, Projeto de P&D ANEEL, CPFL & Universidade Mackenzie - Ciclo 2001