

Sistema Especialista com Funções Gráficas de Controle e Supervisão das Condições de Energização da Rede Urbana de Média Tensão a Partir de Monitoração na Baixa Tensão

M. Klimkowski, V. C. Zambenedetti, C. J. Suckow - LACTEC; P. C. Pranskevicius, N. Soares - Eletropaulo

RESUMO

O projeto desenvolveu programa com funções gráficas e algoritmos baseados em um sistema especialista, aplicáveis à topologia elétrica de rede de distribuição elétrica urbana, visando a detecção automática de trechos interrompidos na rede de Média Tensão através de análise de dados recebidos de equipamentos de monitoração de interrupções em consumidores na rede de Baixa Tensão. Identifica, de maneira rápida e visual, transformadores e trechos de alta tensão desligados, principalmente aqueles protegidos por chaves fusíveis que não são possíveis de detectar via Subestação. O programa gráfico associado monta e apresenta unifilares da árvore de blocos dos alimentadores cujas simbologias atualizadas pelas informações recebidas em tempo real traduz visualmente a posição de ocorrências de interrupção dos trechos e transformadores monitorados. Facilidades adicionadas permitem acesso aos dados e mapas de localização de transformadores e chaves, auxiliando o encarregado dos serviços de restauração de energia a orientar o deslocamento das viaturas de atendimento com presteza e rapidez.

PALAVRAS-CHAVE

Controle gráfico de continuidade, controle de ocorrências na alta tensão, restauração do serviço, redução do tempo de restauração do serviço, melhoria do DEC.

I. INTRODUÇÃO

Os sistemas de automação de redes primária de distribuição, atualmente utilizados, são restritos a supervisão de pontos telecontrolados apenas nas chaves de manobras dos circuitos troncos de alimentadores urbanos, em média 3 a 4 pontos por circuito. Somente interrupções cujo defeito foi na linha troncal, com desligamento de todo o alimentador, são cobertos por estes sistemas convencionais. O maior número de defeitos na rede de alta tensão, no entanto, ocorrem em ramais ou subramais. Também a maior parcela de consumidores de um alimentador urbano estão localizados nos ramais e subramais, protegidos por chaves fusíveis, encontrando-se nestes trechos muitos consumidores que requerem uma melhor qualidade de energia.

O uso de monitores de interrupções em consumidores, on-line com o COD, já é uma tecnologia consolidada [3] com expansão de seu uso pelas empresas em alguns locais do país, não sendo esta uma realidade para a área piloto escolhida.

Este projeto contemplou a pesquisa de um método de

monitoração da média tensão (13.8KV) através da baixa tensão (120V/220V) utilizando um sistema de supervisão de interrupções, com o correto posicionamento dos monitoradores no alimentador. Contemplou também a visualização em uma tela gráfica destas informações, o que implicou na definição de um banco de dados que contivesse o cadastro simplificado da rede de distribuição e dos monitoradores. Os dados cadastrais das redes de distribuição envolvidas foram fornecidos pela empresa.

II. DESENVOLVIMENTO

O projeto compreende um sistema de cadastro dos monitores de interrupção instalados em consumidores de baixa tensão, associados ao seu número de telefone, endereço e número do transformador ao qual o circuito de baixa tensão que alimenta o consumidor pertence. Dessa forma é criado um link entre os dados geográficos do monitor e a topologia elétrica da rede de distribuição. Através do transformador é identificada a sequência chave de bloco, nome do alimentador e subestação ao qual o monitor / consumidor pertence topologicamente. Facilidades opcionais de associação cadastrais, complementares para cada monitor, são disponibilizadas como o nome da cidade, bairro e conjunto Aneel aos quais ele pertence, para facilitar utilizar o histórico e índices associados aos registros arquivados de ocorrências monitoradas, dentro destas opções. A seguir abordaremos três aspectos importantes do sistema: instalação dos monitores (ou monitoradores) de continuidade, o algoritmo especialista e as telas gráficas do programa

A. Monitores de interrupção e central de recepção

Os monitores de interrupção são similares aos utilizados no sistema Argos, da Aneel, porém de uso exclusivo do sistema da concessionária. São instalados na rede de baixa tensão do transformador ou no ramal de entrada do consumidor antes de sua chave geral da instalação interna. É conectado também à linha telefônica do consumidor mediante acordo entre as partes, usando número de telefone com a central de recepção tarifado no destino, e quando ocorrer interrupção de energia neste ponto ou restauração da mesma, o monitor gera uma chamada para a central de supervisão do sistema, repassando a

E. Cadastro da árvore de alimentadores

Esta Tarefa para cadastra os dados da topologia elétrica do alimentador e subestação a que pertence. Cada alimentador está tabelado com os dados das chaves e transformadores, de forma hierárquica. Na figura 2 temos um exemplo de um trecho do alimentador SE Alvarenga 102, da região do município de Diadema - SP.

nível	tipo	estado	tipo ch	ch num	ch ant	prop	trafo	n. consurs	potencia
1	chave	F	DJ	24					
2	chave	F	CH	33882	24				
2	posto			33882	24	1	035ET059588	125	125
2	posto			33882	24	1	035FP028049	0	10
3	chave	A	CH	18891	33882				
3	chave	F	CH	33883	33882				
3	posto			33883	33882	1	035ET052682	137	200

FIGURA 2

A primeira coluna mostra o nível hierárquico dos blocos, onde cada bloco é sempre definido por uma chave. Na seqüência aparecem o tipo de equipamento (chave, posto), o estado da chave (aberta, fechada), o tipo de chave (chave de manobra (CH) ou de proteção tipo Disjuntor (DJ) ou Base fusível (BF), o numero da chave (bloco) ao qual o equipamento está associado, a chave anterior à qual este bloco está associado, a propriedade do posto (se particular ou da concessionária), o numero do posto, o numero de consumidores e finalmente a potencia deste posto. Estes dados podem ser inseridos manualmente ou serem lidos diretamente de arquivos montados na Concessionária desde que sejam disponibilizados por alimentador na formatação especificada para esta finalidade. Mais dados podem ser inseridos para melhor aproveitar os recursos do sistema, como coordenadas geográficas dos equipamentos, (monitores, chaves, transformadores). No entanto, um dos pontos fundamentais deste cadastro é permitir a montagem de um unifilar gráfico de alimentadores em blocos de carga, formato árvore, elemento básico para a montagem das gráficas de operação do sistema.

F. Tarefa visualização de eventos

Apresenta estas informações em quatro tipos básicos de telas denominadas telas gráficas, cada uma associada a uma tela correspondente denominada tela texto. Cada tela texto chamada em qualquer uma das telas gráficas contém a forma mostrada no item D, porém filtra somente as informações no nível da tela chamadora.

G. Tela municípios x subestações

O primeiro tipo de tela apresenta uma relação das Subestações vinculadas aos municípios a que pertencem (figura 3).

MUNICÍPIO	SUBESTAÇÃO
DIADEMA	VILA PALLICEIA
DIADEMA	VILA SANTA
DIADEMA	VILA SANTA
SÃO BERNARDO DO CAMPO	MENINOS
SÃO BERNARDO DO CAMPO	IMIGRANTES
SÃO BERNARDO DO CAMPO	PRAPORINHA
SÃO BERNARDO DO CAMPO	RIO GRANDE
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SÃO BERNARDO
SÃO BERNARDO DO CAMPO	SILVESTRE
SÃO CAETANO	ANCHIETA
SÃO CAETANO	JOÃO DURACO
SÃO CAETANO	VILA PAULA

FIGURA 3

Sempre que pelo menos um monitorador de interrupções sinalize para a Central, nesta tela a célula da subestação mudará de cor sinalizando que existem ocorrências em andamento em monitor da sua rede. Serve para escolher qual área é prioritária da atenção do operador quando há sinalização simultânea em mais de uma célula. Para navegar desta tela texto para a tela texto da subestação basta um clique de mouse sobre a célula da subestação selecionada.

H. Tela subestações x alimentadores

O segundo tipo de tela apresenta a relação dos alimentadores da subestação selecionada na primeira tela, com função de verificar em qual ou quais alimentadores existem ocorrências de monitores sinalizados (figura 4). Além de orientar em quais alimentadores existem ocorrências, também auxilia a decisão de qual deve ser priorizado para o atendimento.

Alimento	Monitores acionados	Consumidores	Cons. Especiais
ALV 0101	0	0	0
ALV 0102	7	432	0
ALV 0103	0	0	0
ALV 0104	0	0	0
ALV 0105	0	0	0
ALV 0106	0	0	0
ALV 0107	0	0	0
ALV 0108	0	0	0
ALV 0109	0	0	0
ALV 0110	0	0	0
ALV 0111	0	0	0
ALV 0112	0	0	0
ALV 0113	0	0	0
ALV 0114	0	0	0
ALV 0115	0	0	0

FIGURA 4

Para esta decisão são fornecidos dados por alimentador de quantos monitores estão acionados, e a quantidade de consumidores normais e especiais estão associados a estes monitores. Selecionando um alimentador sinalizado e clicando sobre a linha do mesmo, o programa passa para a tela gráfica, montando um circuito unifilar da árvore de blocos deste alimentador.

I. Tela unifilar de alimentador

O terceiro tipo de tela é uma representação gráfica da árvore de blocos do alimentador, mostrando sua topologia elétrica seqüencial e a existência de monitoradores por trechos de alta tensão (figura 5). Este unifilar somente é apresentado quando os dados cadastrais da árvore de blocos e dados associados foram cadastrados no programa. Caso monitores sejam instalados em alimentadores que não possuam o cadastro da árvore no programa, a supervisão ocorrerá normalmente, mas os dados das ocorrências somente serão acessáveis via telas tipo texto, descrita no item D.

O unifilar fornece uma idéia espacial visual do alimentador e da dependência dos blocos entre eles. Automaticamente, sempre que um monitor de interrupções é instalado e cadastrado no programa, ele gera um círculo debaixo do símbolo de trecho após a chave. Este círculo é o canal de sinalização de todos os monitores de um trecho após uma chave até as chaves seguintes ou fim de trecho. Sem ocorrências no trecho sua cor é branca. Quando for recebido uma ou mais sinalizações de monitores de um

trecho entre chaves, o algoritmo especialista analisa cada sinalização quanto à origem (ponto de instalação), tipo de instalação (rede ou consumidor especial), horário do recebimento da sinalização por monitor e se são de trechos coincidentes ou diferentes.

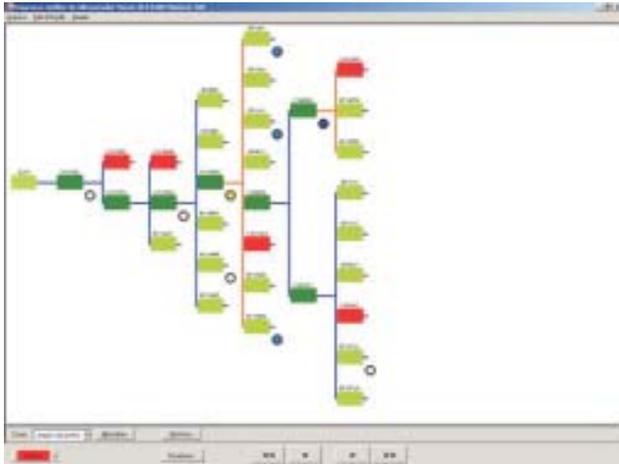


FIGURA 5

Em função da análise, que é realizada continuamente a cada nova entrada de sinalização, o programa gera uma atualização dos símbolos gráficos, conforme segue :

Apenas um monitor instalado em um consumidor importante e cadastrado como consumidor especial (conexão tipo Rs), o círculo fica na cor amarela e permanece na lista da tela texto no grupo de monitores desligados. Este monitor não é usado pelo algoritmo de coincidências.

Apenas um monitor instalado em um consumidor com conexão direta na rede secundária, cadastrado como conexão tipo Rd, o círculo fica na cor amarela e permanece na lista da tela texto no grupo de monitores desligados até o tempo de intervalo programado (Tempo máximo de espera, função programável pelo usuário) para verificar se ocorre uma segunda sinalização do mesmo trecho que será considerada coincidente e indica com grande probabilidade de que a ocorrência de defeito é na rede de alta tensão e esta está inoperante, atingindo também os transformadores não monitorados do trecho e não somente nos transformadores dos monitores. Caso não ocorra uma segunda sinalização do trecho dentro do tempo de espera, o círculo muda para a cor azul. Se ocorrerem novas sinalizações do trecho em tempos superiores ao de espera, e não considerados coincidentes, o círculo continua na cor azul. Um clique de mouse sobre o círculo azul abre uma janela com a relação dos monitores sinalizados no trecho. Com clique do mouse sobre a linha de um monitor desta janela, abre-se um mapa da região mostrando o ponto de instalação deste monitor. Função idêntica ocorre se realizar o clique do mouse sobre a célula do número do transformador na linha do monitor, abrindo a janela de dados do transformador e mapa de sua localização. Esta função auxilia o despacho do veículo mais rapidamente, mesmo que o motorista do carro de atendimento da ocorrência não conheça bem região. Ele é guiado pelo operador da central de despacho. Esta função de dados e mapas também é aplicável para o símbolo da chave.

Caso ocorra uma segunda sinalização de outro monitor do mesmo trecho, dentro de um tempo menor ou igual ao tempo máximo de espera, o algoritmo interpreta como sinalização de falta de energia no trecho de alta tensão após a

chave do trecho e além do círculo mudar para a cor azul, também a cor do traço após a chave até a(s) chave(s) seguinte(s) ou fim de trecho sem chave seguinte, tem a sua cor mudada para uma cor que representa trecho desligado.

A restauração de energia faz com que os monitores voltem a sinalizar esta condição. No caso de círculos sinalizados na cor amarela ou azul, somente voltam a condição branca quando houver o retorno do ultimo monitor do trecho. Para o caso de trecho de alta tensão sinalizada como desligada, o retorno do primeiro monitor do trecho restaura a sua cor original. Significa que a energia elétrica do trecho retornou, mas não necessariamente que inexistem consumidores ou transformadores monitorados ainda desligados. O controle de retorno destes continua indicado pela cor dos círculos.

J. Função de zoom

O quarto tipo de tela é aquele com função de Zoom. Serve para quando o alimentador é muito extenso, e seu enquadramento na tela reduz muito o tamanho dos símbolos para sua visibilidade. Clicando-se sobre o símbolo de uma chave, o programa redimensiona a tela toda apenas para o circuito após esta chave.

III. SIMULAÇÕES E RESULTADOS

Para testar as funções do programa foi desenvolvido um programa simulador de chamadas telefônicas simulando o efeito real de chamadas telefônicas para a URA. Com o programa contendo o cadastro dos alimentadores da área piloto e o cadastro dos monitores instalados nestes alimentadores, foram testadas a funcionalidade e precisão dos algoritmos do sistema que recebeu na Eletropaulo a sigla BTV. A área piloto de instalação deste projeto foi em Diadema, com central de operações na Wire Imigrantes da Eletropaulo.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DIAPER D., Knowledge Elicitation - principles, techniques and applications. John Wiley&Sons (Ellis Horwood Limited), 1989
- [2] GRUPPELLI JR F. A., STEINER M. T. A., YUAN J. Y., CARNIERI C., VOLPI N. M. P., WILHELM V. E., MUSSI N. H., ANTONIO C. F., MIQUELES E., ANDRETTA Fo E. L., KALINOWSKI E. M., ALVES A. C., GULIN C., ZAMBENEDETTI V. C., KLIMKOWSKI M, The distribution system service restoration: an exact method and a heuristic search method, IV ALIO/Euro workshop on Applied Combinatorial Optimization, pp 51-52, Pucón-Chile, 2002
- [3] LIPPMANN JR L., SIMÕES J O., REICHEL A G, ZAMBENEDETTI V. C., "Electric Power Monitoring Device" - III IMACS International Multiconference On Computer And Systems (IEEE), Progress in Simulation, Modeling, analysis and Synthesis of Modern Electrical and Electronic Devices and System Volume pp 142-145, Athens, Greece, July 1999.
- [4] TANURE, J. E.; HASSIN, E. S.; SILVA FILHO, A. Indicadores de qualidade de energia elétrica - Aspectos contratuais e de proteção ao consumidor. In: III Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica. Brasília: Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A., p. 237-243, Brasília Brasil, 1999..
- [5] ZAMBENEDETTI V. C., KLIMKOWSKI M., FRISCH A C., "Sistema de Localização de Falta em Redes de Distribuição Utilizando um Sensor de Baixo Custo", Anais do III CONLADIS Congresso Latino-Americano de Distribuição de Energia Elétrica, USP - São Paulo, Brasil, setembro 1998.
- [6] ZAMBENEDETTI V. C., KLIMKOWSKI M, GARCIA K. S., PAULISTA J., SCHMITZ M. A., Projeto de desenvolvimento de sistema de software inteligente dedicado para o controle de interrupções em localidades menores e consumidores de áreas urbanas isoladas; Programa P&D ANEEL, relatório final, 2000.