



XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica
SENDI 2012 - 22 a 26 de outubro
Rio de Janeiro - RJ - Brasil

ELCIO LUIZ SALGADO E SILVA	Companhia Paranaense de Energia	elciosalgado@copel.com
Natal Ussueli	Companhia Paranaense de Energia	felipeussueli@hotmail.com
Mauro Aparecido de Souza	Companhia Paranaense de Energia	mauro.souza@copel.com
Marcos Antônio Alba	Companhia Paranaense de Energia	marcos.alba@copel.com
Gesualdo Palizer	Companhia Paranaense de Energia	gesualdo@copel.com
Ademir Bellini	Companhia Paranaense de Energia	a_demir_bellini@hotmail.com
Eziel Martins Mafra	Companhia Paranaense de Energia	ezielmafra@hotmail.com
Valmir Colmby Ney	Companhia Paranaense de Energia	valmirney@copel.com

Conversão da Rede de Distribuição Convencional para Rede Compacta em 13,8kV sem Provocar Interrupção no Fornecimento de Energia

Palavras-chave

Linha Viva

Manutenção de Sistemas de Distribuição

Rede Compacta de Distribuição

Rede Convencional de Distribuição

Resumo

Este trabalho visa a transformação de redes de distribuição 13,8kV com montagens convencionais e cabos nus em montagens compactas com condutores protegidos, sem provocar interrupção do fornecimento de energia elétrica aos consumidores. Diversos tipos de estruturas e procedimentos foram analisados para definição de métodos confiáveis e seguros a serem adotados para execução das tarefas e uma rede laboratório foi montada especificamente para simulação dos procedimentos estudados. A partir dos estudos e simulações realizadas, foi estabelecido que a execução do trabalho seria desenvolvida em três etapas: elevação da estrutura existente, lançamento da rede compacta e transposição das estruturas da rede convencional para compacta. Após a elaboração dos procedimentos e desenvolvimento de novas ferramentas e equipamentos específicos, este projeto foi implementado em um trecho de alimentador localizado em uma região urbana de Curitiba. O desenvolvimento deste trabalho representa uma inovação e a criação de um modelo de negócio, pois permite a substituição de um tecnologia por outra de melhor desempenho sem comprometimento da qualidade do fornecimento, que usualmente é realizado com a realização de desligamentos programados.

1. Introdução

Este trabalho tem como objetivo estabelecer os procedimentos para a substituição de condutores nus de redes convencionais por condutores protegidos em montagens compactas em 13,8kV com redes energizadas, contemplando interconexões dos equipamentos e dispositivos existentes com todo o sistema de distribuição de média e baixa tensão energizada.

Estas técnicas visam à redução dos desligamentos de trechos de redes de distribuição existentes em áreas urbanas de elevada densidade de carga. Desta forma, é necessário identificar os trechos onde este tipo de atividade pode ser aplicado. A seção 2, além de apresentar os critérios que foram considerados para escolha do trecho, mostra também que, na fase de planejamento, é necessário realizar uma visita ao local a fim de verificar se há necessidade de realizar adaptações ao projeto.

Para estudo e análise dos procedimentos que seriam adotados, foi montada uma rede laboratório em que todos os processos de montagem e execuções existentes seriam testados. Conforme a necessidade e situação real de campo, foram criados novos procedimentos de trabalho de linha viva, incluindo o desenvolvimento de novos ferramentais e equipamentos necessários para realização desta atividade. Na seção 3, são apresentados todos os ferramentais e equipamentos específicos para execução do projeto. Em seguida, na seção 4, são abordados os procedimentos adotados para execução da conversão da rede convencional para compacta sem a necessidade do desligamento do trecho do alimentador. Finalmente, as técnicas estudadas foram implementadas em um alimentador localizado em área urbana de Curitiba, conforme apresentado na seção 5.

2. Desenvolvimento

1. Planejamento Inicial

A escolha do trecho em que seria realizado o trabalho considerou os seguintes critérios:

- Evitar alimentadores localizados em ruas de mão dupla com grande movimento, cujo trânsito seria completamente bloqueado para realização dos serviços pela Copel. Dessa forma, buscou-se priorizar desligamentos em vias de mão única.
- Selecionar alimentadores com:
 - grande densidade de consumidores e trechos situados em regiões densamente edificadas, pois pequenos desligamentos tem grande impactos nos índices de qualidade;
 - arborização próxima a rede;
 - desligamentos freqüentes com chuvas e ventos;
 - demanda constante de poda/mutirões

Antes da realização da conversão da rede convencional para compacta, foi necessário realizar uma verificação visual da condição operativa da rede a ser convertida (galhos de árvores, isoladores defeituosos, cruzetas podres, condutores com tentos rompidos, luvas de emenda mal instaladas, compatibilidade construtiva com o projeto, etc...). Em função dos levantamentos realizados, as adequações necessárias foram previamente executadas.

2. Ferramentais e Equipamentos Específicos

Para a realização dos estudos de procedimentos para conversão da rede convencional para rede compacta sem a necessidade de interromper o fornecimento de energia, foi montada, na região de Maringá, uma rede laboratório. Desta forma, foi possível simular situações reais de campo e avaliar os procedimentos de montagem e execução existentes. A realização de simulações demonstrou a existência de necessidades que culminaram com o desenvolvimento de novos procedimentos, dispositivos e ferramentais específicos para execução desta atividade.

Algumas das ferramentas e equipamentos utilizados na execução do projeto e suas funções:

- Mastro tubular articulado com uma articulação: anular a transferência de todos os esforços mecânicos na parte superior do poste, devendo ser instalada no sentido longitudinal do eixo da rede;
- Mastro tubular articulado com duas articulações: fazer o acoplamento dos dois mastros tubulares e anular a transferência de todos os esforços mecânicos na parte superior do poste nos sentidos longitudinal e transversal em relação ao eixo da rede;
- Cruzetas provisórias: são instaladas nos mastros tubulares articulados e tem como finalidade sustentar e ancorar os condutores;



Figura 1: Mastro Tubular Articulado e Cruzeta Provisória

- Carretilha articulada: sustentar cordas, condutores e cordoalhas quando do seu lançamento e retirada (fixada na estrutura);
- Carretilha para lançamento de condutores: sustentar cordas, condutores e cordoalhas quando do seu lançamento e retirada (fixada no cabo mensageiro);



Figura 2: Carretilha para Lançamento de Condutores

- Cordas de 12mm: lançamento do cabo mensageiro e lançamento e retirada de condutores;
- Cordas de 6mm: propiciar o retorno das cordas empregadas para a retirada dos condutores;
- Camisa de puxamento: acoplar a corda de lançamento a condutores e cabos mensageiros;
- Cobertura para camisa de puxamento (mangueira): proteger a camisa de puxamento em relação a eventuais toques de pontos energizados da baixa tensão;
- Luva giratória: fazer a junção da corda e a camisa de puxamento a fim de evitar o movimento de torção da corda;
- Motor hidráulico: acionar o giro do bobinador (acoplado a plataforma do cavalete e alimentado através da tomada de força do sistema hidráulico do veículo);
- Motor elétrico: acionar o giro do bobinador (acoplado a plataforma do cavalete e alimentado através da rede elétrica de baixa tensão);
- Cavalete com freio: sustentar a bobina metálica ou madeira e controlar o lançamento de cordas, cabo mensageiro e condutores;
- Cavalete sem freio: sustentar a bobina metálica ou madeira e bobinar cordas e condutores;
- Bobina de madeira: acondicionar condutores e cabo mensageiro;
- Bobina metálica (1 ou 3 seções): acondicionar cordas de 12mm;
- Conjunto bobinador e suporte metálico com motor elétrico / manual: lançar e recolher as cordas de 6mm;
- Conjunto bobinador: lançar os condutores protegidos e cabo mensageiro;



Figura 3: Conjunto Bobinador

- Conjunto desbobinador: lançar os condutores protegidos e cabo mensageiro.

3. Procedimento para Conversão da Rede Convencional em Compacta

Para realização da conversão da rede convencional em compacta utilizando técnicas de linha viva, é preciso, primeiramente realizar a elevação da estrutura da rede convencional existente de forma que seja possível a instalação das estruturas e lançamento de cabos da rede compacta. Após o lançamento dos cabos, é necessário realizar as devidas transposições da rede convencional para a compacta, a energização da rede compacta e, posteriormente, realizar a retirada de todas as estruturas da rede convencional. Desta forma, é possível dividir este projeto em etapas, conforme itens a seguir.

3.1 Elevação da rede convencional existente

Foram estudados diversos procedimentos que poderiam ser aplicados para a elevação da rede convencional existente. Cada tipo de estrutura possui sua particularidade, e conseqüentemente possui um procedimento diferenciado. Neste projeto, as seguintes estruturas foram estudadas:

- Estrutura N1: estrutura normal, circuito simples, amarração simples;
- Estrutura N2: estrutura normal, circuito simples, amarração dupla;
- Estrutura N1TTPRCF: estrutura normal, circuito simples, amarração simples, transformador trifásico, pára-raios, chave fusível;
- Estrutura N4 com Chave: estrutura normal, circuito simples, ancoragem dupla, chave;
- Cruzamento Aéreo;
- Estrutura N3TTPRCF: estrutura normal, circuito simples, ancoragem simples, transformador trifásico, pára-raios, chave fusível;
- Estrutura N1DN3: estrutura normal, circuito simples, amarração simples, derivação estrutura

- normal, circuito simples, ancoragem simples;
- Estrutura N3: estrutura normal, circuito simples, ancoragem simples;
- Estrutura N3DN3: estrutura normal, circuito simples, ancoragem simples, derivação estrutura normal, circuito simples, ancoragem simples;
- Estrutura com muflas.

De forma geral, para realizar a elevação das estruturas, seguiu-se o seguinte procedimento:

- Instalação das coberturas;
- Instalação de *little jumper* ou by-pass, dependendo da estrutura;
- Abertura de chaves e retirada de jumpers, chaves fusíveis e para-raios nas estruturas que possuem esses equipamentos;
- Instalação do mastro tubular articulado;
- Instalação do conjunto de elevação no mastro tubular articulado;
- Tensionamento e atrelamento dos condutores, observando as suas flechas para as estruturas N3 e N4;
- Elevação dos condutores no conjunto de elevação;
- Instalação da cruzeta provisória com isoladores e chaves no mastro tubular articulado;
- Transferência dos condutores para a cruzeta provisória;
- Retirada do conjunto de elevação;
- Conexão e fechamento das chaves instaladas na cruzeta provisória;
- Retirada das coberturas.

3.2 Lançamento de rede compacta

Para o lançamento dos condutores protegidos e do cabo mensageiro protegido foram utilizados os conjuntos bobinador e desbobinador devidamente aterrados. O seguinte procedimento foi adotado para o lançamento da rede compacta:

- Instalação, nos postes, dos braços L e carretilhas de lançamento articulada com quatro roldanas e trava;
- Lançamento de uma corda guia, com a qual é tracionada a cordoalha protegida (cabo mensageiro), juntamente com três cordas guias;
- Tracionamento e ancoragem do cabo mensageiro protegido;
- Fixação do cabo mensageiro nos braços “L”;
- Instalação das carretilhas para lançamento de condutores no cabo mensageiro protegido;
- Lançamento dos condutores protegidos através das cordas guias já lançadas, sendo os mesmos tracionados, calibrados e ancorados;
- Retirada das carretilhas para lançamento de condutores e instalação dos espaçadores losangulares;

3.3 Transposição das estruturas da rede convencional para rede compacta

Após a retirada das carretilhas para lançamento de condutores e a instalação dos espaçadores losangulares na rede compacta desenergizada (não aterrada), foram executadas as transposições das estruturas da rede convencional para a rede compacta. Novamente, neste caso, para cada tipo de estrutura foram desenvolvidos procedimentos específicos para realização das tarefas.

Basicamente, se a rede compacta não estiver energizada, é necessário seguir os seguintes passos:

- Instalar coberturas;
- Instalar os pára-raios e as chaves fusíveis abertas;
- Conectar jumper's na parte superior das chaves fusíveis e pára-raios (manter os grampos de linha viva abertos);
- Conectar jumper's da parte inferior das chaves fusíveis nas buchas do transformador;

Com a rede compacta energizada, o seguinte procedimento é adotado:

- Instalar coberturas;
- Conectar o grampo de linha viva;
- Medir a seqüência de fases nas chaves fusíveis do transformador;
- Fechar as chaves fusíveis do transformador;
- Abrir as chaves fusíveis provisórias;
- Desconectar o little jumper das buchas do transformador;
- Retirar o little jumper;
- Retirar as coberturas.

3.4. Energização da rede compacta

Concluídas todas as transposições das estruturas, a rede compacta pode ser energizada através de jumpers, cruzamentos aéreos e chaves.

3.5. Retirada dos condutores da rede convencional

Para a retirada dos condutores da rede convencional desenergizada foram utilizados os conjuntos bobinador e desbobinador, devidamente aterrados e os seguintes procedimentos.

- Instalação das carretilhas articuladas nas cruzetas provisórias;
- Transferência dos condutores da rede convencional para as carretilhas articuladas;
- Retirada das travas de articulação e execução da inclinação do mastro tubular articulado em sentido oposto ao conjunto bobinador;
- Atrrelamento do condutor a ser retirado à uma cordoalha de 6 mm fixada no conjunto bobinador;
- No extremo oposto, atrrelamento do condutor a ser retirado à corda de 12 mm fixada no conjunto desbobinador;
- Início do processo de recolhimento dos condutores da rede convencional;
- Depois de recolhido o primeiro condutor e antes de liberar a corda de 12 mm o segundo condutor foi atrrelado ao primeiro. O retorno da corda de 12 mm foi realizado por meio de atrrelamento à corda de 6 mm instalada no conjunto bobinador. O recolhimento da corda de 6 mm foi realizado por meio do conjunto bobinador e suporte metálico com motor elétrico/manual.
- o processo foi repetido para os demais condutores;

- Após a retirada dos condutores da rede convencional, as carretilhas articuladas, as cruzetas provisórias e os mastros tubulares articulados foram retirados.

4. Implantação da Técnica de Conversão em um Alimentador na Região Urbana de Curitiba

O trecho escolhido para implantação da técnica de substituição das redes de distribuição convencional por redes de distribuição compacta na tensão de 13,8kV está localizado na Rua Padre Agostinho, compreendido entre as Ruas Alferes Ângelo Sampaio e General Mario Tourinho no bairro Bigorriho em Curitiba, contemplando os vãos dos cruzamentos aéreos. Este trecho constitui uma linha reta com 2km de extensão em que estão instalados 32 transformadores com aproximadamente 2400 clientes.

Para a sua execução o projeto foi sub dividido em cinco etapas, denominadas de tramos, os quais são energizados por meio de três alimentadores: Champagnat, Francisco Rocha e Aparecida. Foram disponibilizados pela COPEL: 6 caminhões de linha viva e 25 profissionais especializados em um período de aproximadamente 2 meses de obra (junho/2009 a agosto/2009). O tempo elevado para execução do projeto foi devido principalmente ao elevado nível de chuvas neste período.

Segue a seguir algumas fotos da implementação deste projeto em Curitiba.



Figura 4: Elevação da Estrutura N1

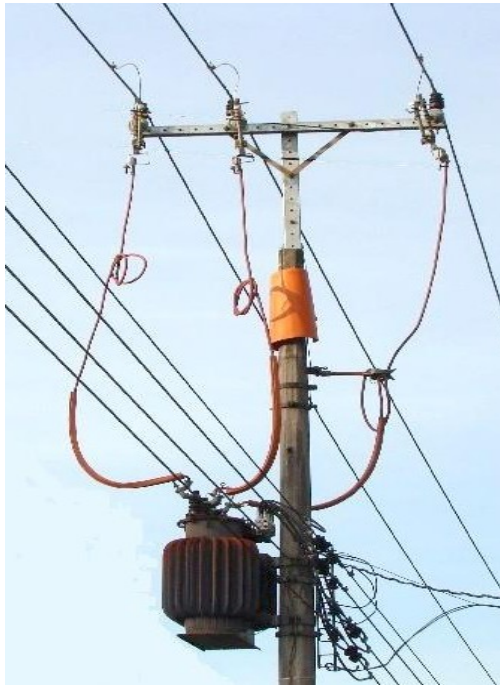


Figura 5: Elevação da Estrutura N1TTRCF

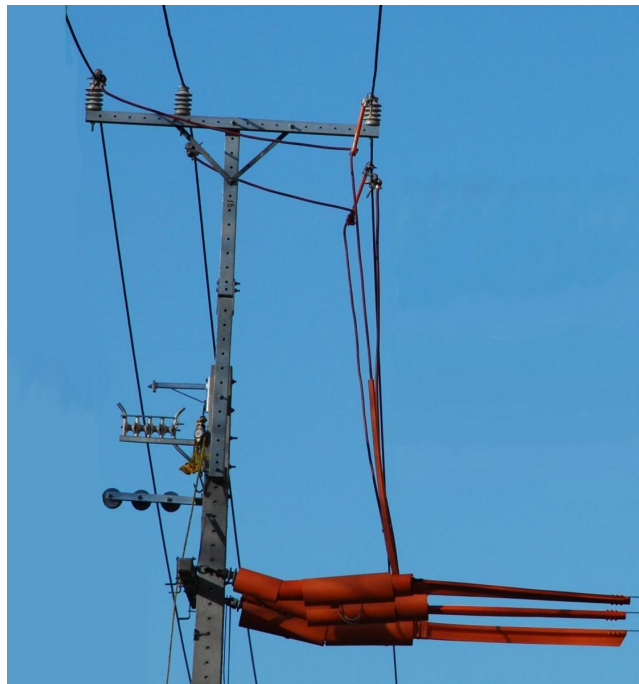


Figura 6: Elevação da Estrutura N1DN3



Figura 7: Retirada dos Condutores

3. Conclusões

Com a crescente evolução do mercado consumidor, as concessionárias de energia estão buscando novas alternativas para melhorar a qualidade e confiabilidade do fornecimento de energia a seus consumidores. A rede compacta é uma tecnologia com comprovado retorno para as concessionárias não somente nos índices de desempenho do sistema, mas principalmente na satisfação dos clientes.

Este projeto de conversão da rede convencional para a rede compacta utilizando métodos de trabalho em linha viva demonstrou ser muito eficaz uma vez que todo o trabalho foi realizado em uma área com grande quantidade de clientes, aproximadamente 2400, sem que houvesse qualquer interrupção de fornecimento de energia elétrica na região, evitando também o ônus ocasionado pela insatisfação e reclamações dos clientes, pela energia não distribuída, possíveis compensações por transgressão de limites de continuidade individuais e comprometimento da boa imagem da distribuidora

A área é densamente arborizada e convivia com constantes problemas de interrupções em situações de ventos e chuvas. Porém, a execução do trabalho demandou um longo tempo em função do caráter experimental do projeto e das condições climáticas à época de sua execução. Contudo, mesmo sendo um trabalho influenciado pelas condições climáticas e que demanda equipes especializadas para realização de trabalhos com linha viva para sua execução, suas técnicas podem ser aplicadas visando a redução dos desligamentos de trechos de redes de distribuição existentes em áreas urbanas com elevada densidade de carga.

4. Referências bibliográficas

COPEL. MIT 160922: Procedimentos de Conversão de Rede Convencional para Rede Compacta Energizada em 13,8 kV. Curitiba, dezembro 2009.