



XIX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2010 – 22 a 26 de novembro

São Paulo - SP - Brasil

Experiência da AES Eletropaulo na Implantação de Chaves de Proteção e Manobra Automatizadas em Sistemas Reticulados de Distribuição Subterrânea

Clay Marcos Martins AES Eletropaulo Autor 1 – clay.martins@aes.com	Ricardo de O. Brandão AES Eletropaulo Autor 2 – ricardo.brandão@aes.com	Denilson Varolo AES Eletropaulo Autor 3 – denilson.varolo@aes.com
Wanderley Toto AES Eletropaulo Autor 4 – wanderley.toto@aes.com		

Palavras-chave:

Palavra 1: Automação Rede Subterrânea

Palavra 2: Chave Subterrânea

Palavra 3: Distribuição Subterrânea

Palavra 4: Proteção

Palavra 5: Sistema Reticulado

Resumo

A AES Eletropaulo apresentou no SENDI 2008 o projeto “Instalação de Chaves de Proteção e Manobra Automatizadas em Sistemas Reticulados de Distribuição Subterrânea”, sendo que nesta apresentação foi explanada a complexidade de manutenção e operação dos sistemas Reticulados de distribuição, e as várias vantagens de instalá-las estrategicamente. Este trabalho vem explicar a experiência na implantação destas chaves, denotando as vantagens apresentadas na etapa de projeto, as melhorias concretizadas, os pontos que não foram atendidos, melhorias que não constavam na etapa de projeto e resultados práticos. Com a instalação das chaves, conseguimos reduzir a exposição do sistema Reticulado e aumentar sua confiabilidade em caso de falha no trecho à jusante da chave, onde a mesma atuou de forma automática interrompendo o alimentador apenas parcialmente. Também conseguimos obter informações de qual fase apresentou defeito em faltas à montante da chave, restringindo o trecho para trabalhos de localização de falhas, com diminuição do tempo de localização. Instalamos, entre 2008 e 2009, 2 conjuntos (8 chaves de proteção e manobra), em Sistemas Reticulados que atendem regiões de grande densidade de carga (Região Central de SP), e serão instalados mais 3 conjuntos (12 chaves de proteção e manobra) durante o ano de 2010.

1. Introdução

Os Sistemas Reticulados de Distribuição Subterrânea da AES Eletropaulo atende hoje cargas de grande relevância e que necessitam de extrema confiabilidade, como por exemplo, Bancos, Centros

Financeiros (Bolsa de Valores) e Hospitais de grande porte, mas mesmo com a confiabilidade de 4 alimentadores, há o risco de desligamentos. Com a instalação de chaves de proteção e manobra automatizadas nestes sistemas, conseguimos reduzir o impacto de desligamento nos alimentadores, diminuindo a trecho de carga interrompido e obtendo informações on-line da ocorrência na Central de Operações (COE) da AES Eletropaulo, facilitando nossa operação. Após instalação das chaves, também foi possível estudar melhor nossa rede, melhorando as informações para planejamento e crescimento de carga, sendo que a mesma fornece corrente, tensão, fator de potência, potência ativa e potência reativa.

Percebemos que os equipamentos são modernos, e, para operá-los adequadamente, iniciamos um processo de treinamento contínuo preparando nossos profissionais para ocorrências em qualquer horário, formando técnicos de proteção na distribuição subterrânea. Esta inovação visa preparar a equipes para análise de proteções e atuação de relés, bem como sistemas de automação e controle.

2. Desenvolvimento

2.1. Projeto de 2008:

No SENDI 2008, apresentamos o projeto de instalação de chaves de proteção e manobra no meio de sistemas Reticulados, sendo que agora elaboramos este trabalho para apresentar nossa experiência na conclusão deste projeto, com os resultados práticos desta instalação. Para melhor entendimento, um Sistema Reticulado de Distribuição Subterrâneo é formado por 4 alimentadores primários que possuem conjuntos de até 4 transformadores com seus secundários ligados em paralelo, sendo que no secundário de cada transformador temos um protetor de rede, para bloquear corrente reversa em caso de falha. Com a instalação de chaves de proteção e manobra automatizadas nestes sistemas, conseguimos reduzir o impacto de desligamento nestes alimentadores, que necessitam de alta confiabilidade, diminuindo a trecho de carga interrompido e obtendo informações on-line da ocorrência na Central de Operações (COE) da AES Eletropaulo, facilitando nossa operação.

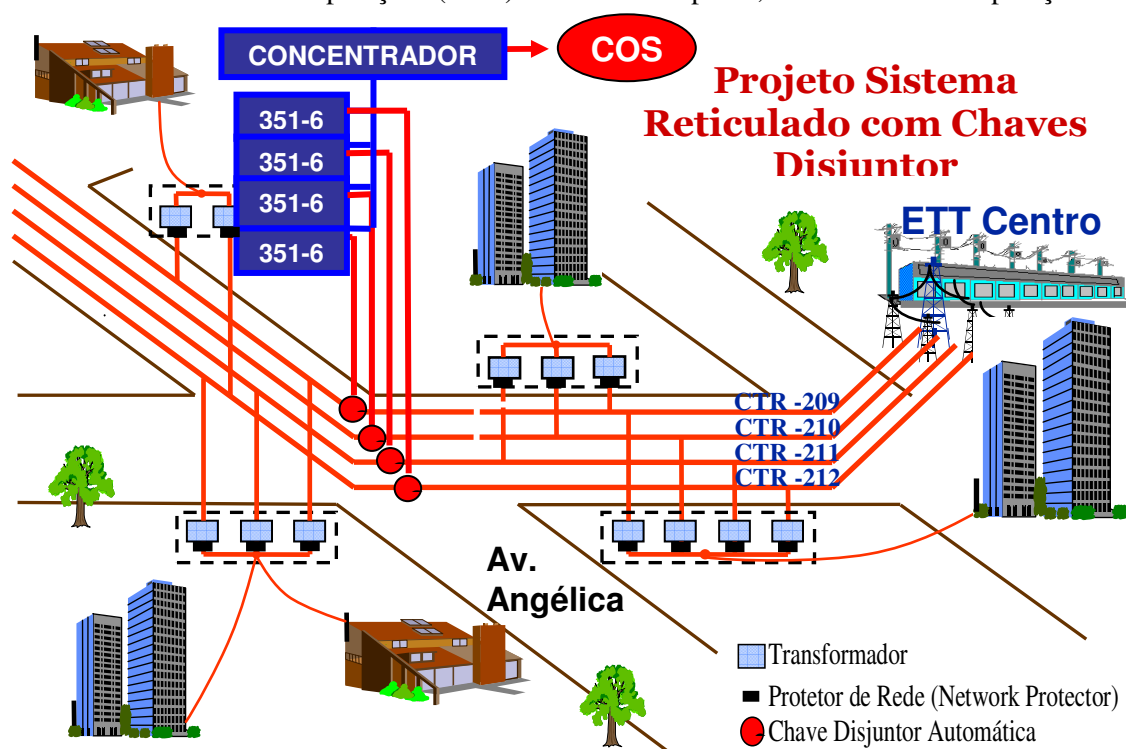


Imagem 1 – Sistema Reticulado na AES Eletropaulo com Chaves Disjuntor

2.2. Detalhe da Implantação:

As chaves são submersíveis (ver imagem 2 – chave instalada), dotadas de vias de entrada com chave seccionadora de manobra na entrada e chave seccionadora motorizada com disjuntor na saída, sendo o conjunto operado por relé instalado em painel submersível, visto que temos dificuldade de autorização para uso de solo na região central. As chaves de entrada e saída possuem posição de aterramento visível através de uma janela de inspeção, garantindo a segurança dos profissionais no momento da operação, sendo monitoradas completamente pela central de operações (ver imagem 2 - diagrama unifilar).

A chave possui sistema de supervisão e controle, indicador de tensão na entrada e sensores de tensão na saída. O sistema de proteção da chave possui as funções 27 (subtensão), 50/51 (sobrecorrente instantâneo e temporizado), 67 (direcional de sobrecorrente) e 47 (seqüência de fase de tensão) para possibilitar a abertura automática por atuação da proteção.

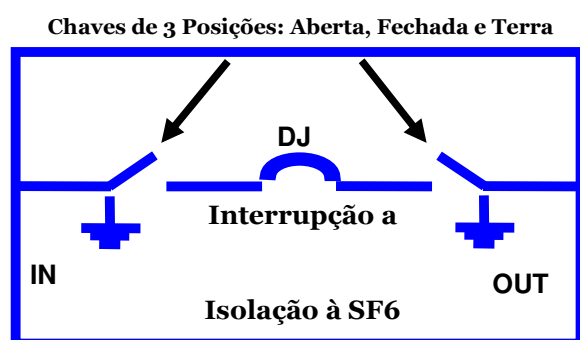


Imagem 2 – Diagrama unifilar da chave e Chave instalada em câmara subterrânea

2.3. Localização de Falhas:

Em função do local, topologia e extensão dos alimentadores primários reticulados, existem dificuldades na localização de falhas, o que reflete diretamente no tempo do desligamento total do alimentador, principalmente por não haver sistema de automação e nem relés digitais nos sistemas.

Apesar da tecnologia de localização de falhas ter evoluído nos últimos anos, com destaque nos sistemas de localização por reflectometria, o tempo da localização de falhas ainda apresenta tempos consideráveis. Tendo em vista que os alimentadores têm o agravante de serem configurados com várias derivações, dificultando a utilização desta técnica e obrigando muito vezes a inspeção local dos transformadores conectados a este alimentador. Escolhemos os primeiros alimentadores com base em um trabalho de análise de falhas, considerando que os alimentadores apresentaram maior índice de desligamento de alimentadores na condição de 1ª Contingência e desligamento simultâneo de 2 alimentadores (2ª contingência) 2 vezes nos anos de 2007 e 2008

Abaixo na Tabela 1, pode ser encontrada a evolução do número de interrupções de primeira contingência (um alimentador fora de serviço) e de segunda contingência (dois dos quatro alimentadores fora de serviço) onde ocorreram interrupções parciais de cargas por várias horas, em alguns dos casos.

Tabela 1

Histórico de evolução dos desligamentos de 1ª e 2ª contingência:

Ano	1ª Contingência	2ª Contingência
2003	20	0
2004	35	1
2005	37	2
2006	46	2

2007	53	4
2008	58	4
2009	52	1

Com a instalação durante eventos de curto alimentador além chave ocorre atuação do relé de proteção da mesma, realizando abertura do disjuntor de saída, sem necessitar desligamento do disjuntor da Subestação de Distribuição, uma vez que o relé da chave esta coordenado com o relé da Estação. Em caso de curto-alimentador aquém chave, haverá desligamento do disjuntor da Subestação com registro de eventos por falta de tensão da Via motorizada de entrada da chave. Todo o conjunto de chaves será monitorado e telecomandado pelo COD (Centro de Operação da Distribuição), não sendo necessário acesso de funcionários para manobra. Para manobrar realizar a manobra de aterramento, também não será necessário acesso de funcionários, pois o sistema possui um motor portátil para realizar esta manobra, sendo necessário que o funcionário realize apenas a constatação de aterramento após a manobra na janela de inspeção da chave conforme a podemos ver na imagem 3:



Imagem 3: Janela de Inspeção que Permite Visualização dos Contatos da Chave

2.4. Comunicação:

Para a elaboração da solução, foi priorizado o aspecto de que por se tratar de chaves sistêmicas, pertencentes aos alimentadores do reticulado. Portanto, o meio de comunicação deveria ser o mais confiável possível, com a menor possibilidade de interferências de qualquer tipo, como atraso na comunicação ou mesmo atraso devido a prioridades sistêmicas.

Com essa visão, foi projetada a utilização de fibra óptica como meio de comunicação, restringindo as possibilidades de interferência eletromagnéticas uma vez que, teríamos de executar o lançamento do cabo óptico através dos dutos de cabos de alimentadores elétricos subterrâneos para a interligação entre a ETD Augusta e as chaves nas câmeras subterrâneas.

Esta estrutura possibilita a Central de Operação através da automação pelo sistema SCADA, executar remotamente a abertura e fechamento dos alimentadores, bem como status de operação e medição em tempo real (corrente, tensão, potência, FP%). Essa topologia pode ser vista na imagem 4, sendo que os mesmos dados são disponibilizados, através de rede Intranet para todos os usuários da rede subterrânea (equipes de manutenção, técnicos de planejamento e engenheiros), através de senha específica e sem a opção de comando para segurança do sistema.

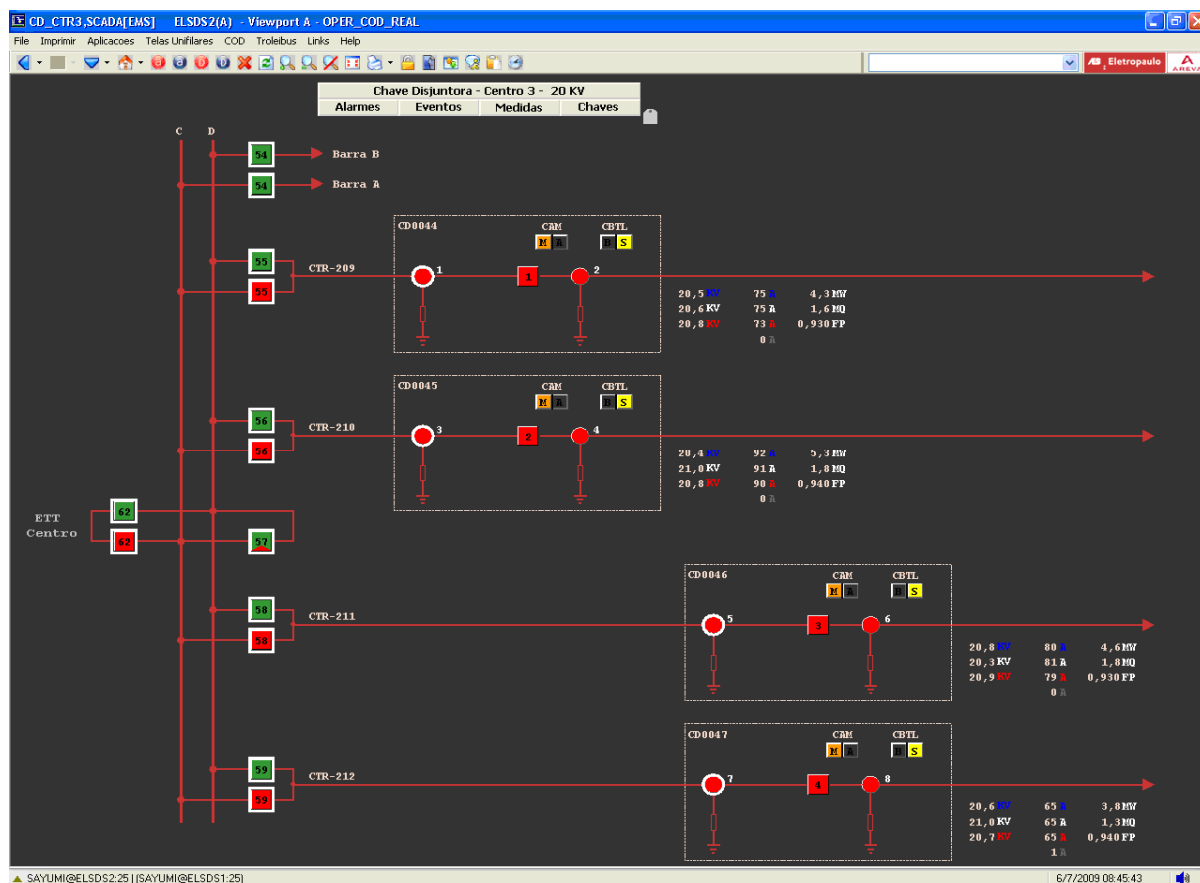


Imagem 4: Visualização de Tela na Central de Operações em Tempo Real

2.5. Novas Práticas:

Com a instalação deste projeto, foi necessário alterar o procedimento quando ocorre falha em um dos alimentadores. Assim que a falha ocorre, o relé envia um comando de Trip para o interruptor. Se for uma falta à montante da chave, o relé irá indicar atuação do elemento de subtensão (27), com oscilografia da indicando a(s) fase(s) em que ocorreu o evento e o Trip será no disjuntor da subestação. Neste caso, todo o alimentador será interrompido. Se a falta for à jusante da chave, ele indica uma Trip de sobrecorrente (50/51) além chave, e como o sistema esta coordenado com disjuntor da ETD não haverá atuação do relé do disjuntor da subestação, isolando a falta à jusante e mantendo o alimentador a montante em operação.

O despachante do COD verá na IHM (Interface Homem Máquina) um alarme indicando que a falta ocorreu após a chave e o nível de curto-alimentador. Ele vai saber o que operou a proteção (27 ou 50/51), e entrará em contato com a equipe para verificar o problema. A equipe se posicionará na câmara da chave, para verificar com seu laptop os dados da falta (fase, amplitude e distância). Tendo uma distância estimada, eles irão seccionar o alimentador em um poço próximo a indicação da falta conforme indicado pelo relé SEL-351-6. Para realizar a abertura, a equipe realizará o aterramento do cabo manobrando a chave à distância, por razões de segurança. Para atuar em ocorrências nestas chaves realizamos um processo de treinamento dos técnicos e engenheiros do segmento subterrâneo, onde os mesmos foram capacitados para analisar, parametrizar e montar lógicas em relés de proteção, ou seja, o processo também proporcionou o crescimento profissional da equipe.

Como exemplo, em temos uma falta em fevereiro de 2009, que ocorreu a jusante da chave do sistema CTR III. Assim que a falha ocorreu, veio à informação pelo sistema SCADA, indicando que o evento foi além a chave, direcionando a equipe de eletricitistas para a chave. Eles extraíram a oscilografia da falha no relé de proteção, cuja forma de onda pode ser visto na Imagem 5. Pela forma de onda, podemos verificar que a falha ocorreu na fase B. Além disso, o relé indicou que a falha

ocorreu 1,56 km a jusante da chave. A equipe de eletricitas encontrou a falha a 1,38 km da chave.

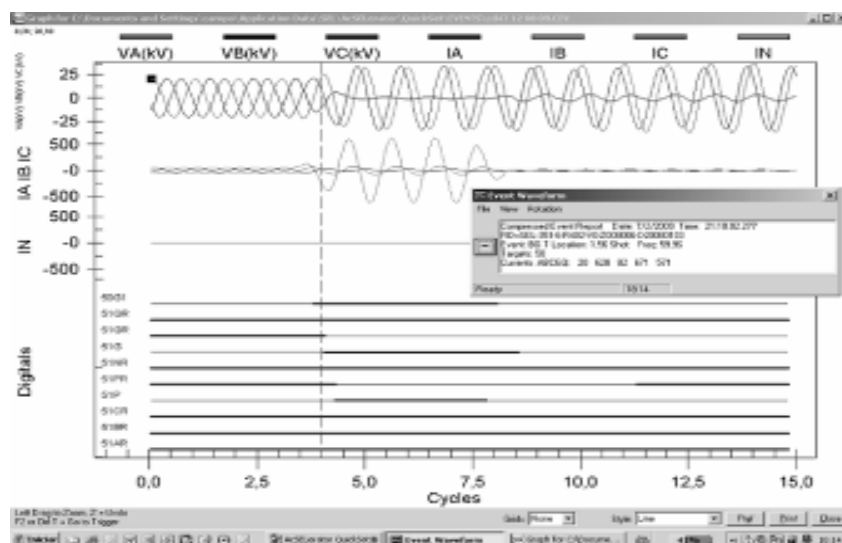


Imagem 5: Forma de onda de falta na fase B e atuação do localizador de falha

Resultados:

Até o momento, somente duas faltas foram registradas no Sistema Reticulado CTR III a jusante da chave e duas ocorrências a montante. O tempo médio de atendimento e restabelecimento dos alimentadores nos últimos 6 anos e o tempo de atendimento à falta ocorrida em julho de 2009 estão apresentados na tabela 2 abaixo, representando um ganho muito significativo se observarmos a quantidade de pessoas envolvidas em uma ocorrência no sistema reticulado conforme apresentado na tabela 3. Este tempo é medido do momento em que o despachante envia a equipe para verificar a falta até o momento em que o alimentador é energizado.

Tabela 2

Resumo de desligamentos de primeira e segunda contingência nos últimos anos:

Ano	TMA
2003	22h30min
2004	34h30min
2005	33h00min
2006	35h00min
2007	19h00min
2008	20h30min
Falta registrada em Julho de 2009	12h15min

Observando a tabela, logo se constata que temos um efetivo elevando trabalhando em períodos muito longos, conforme apresentado na tabela 2, sendo este um dos motivadores para idealização e implantação do projeto.

Tabela 3

Total de pessoas contabilizadas para atendimento a um Sistema Reticulado:

Pessoas	
Turno	Quantidade
Manhã	12
Tarde	14
Noite	15
Terceiros	8
Apoio	7
Total	56

Logo podemos simular um custo operacional antes e depois da implantação das chaves para este projeto conforme as tabelas 4 e 5, apresentadas abaixo:

Tabela 4

Custos com a mão de obra na localização de falhas antes da instalação da chave

R\$ Médio p/ 1 Atendimento de 1ª Contingência			
Média de Pessoas	Média de Horas	HHT	Total
45	27,15	R\$ 32,30	R\$ 39.462,53

Tabela 5

Custos com a mão de obra na localização de falhas após a instalação da chave

R\$ Médio p/ 1 Atendimento de 1ª Contingência			
Média de Pessoas	Média de Horas	HHT	Total
45	12,25	R\$ 32,30	R\$ 17.805,38

A comparação das tabelas nos mostra claramente uma redução significativa do efetivo para localização de falhas, demonstrando a eficiência e importância do projeto, para o processo operacional e estratégico da AES Eletropaulo em reparo de sistemas reticulados de distribuição.

Além da redução no tempo de localização, após a implantação, conseguimos os seguintes resultados:

- Maior confiabilidade;
- Menor exposição do sistema reticulado a 2ª contingência (2 alimentadores desligados);
- Identificação da fase exata o qual ocorreu à falha;
- Nível de curto alimentador da falha para possibilitar identificar a distância aproximada do ponto da falha.

3. Conclusões

Com os dados apresentados, mesmo com o alto nível de confiabilidade alcançado pelo sistema reticulado, na AES Eletropaulo foi possível registrar interrupções nos consumidores conectados neste sistema o que reflete um alto grau de exposição na mídia. A maneira mais rápida encontrada para reduzir o impacto de uma interrupção de energia na média tensão subterrânea e, ao mesmo tempo, diminuir a extensão dos alimentadores para localização de falha, foi instalar chaves com relés de proteção ao longo dos alimentadores. Esta ação é muito comum em alimentadores aéreos radiais, mas é inédita em sistemas reticulados, reduzindo o impacto da falta no alimentador em aproximadamente 50% se ela ocorrer a jusante, e com os dados do relé de proteção nossas equipes de manutenção a localizam e a falha mais rapidamente. Também observamos um crescimento contínuo na formação dos profissionais do segmento subterrâneo, demonstrando que a AES Eletropaulo não está só preocupada em crescer mas também proporcionar crescimento a seus profissionais.

Pela experiência do primeiro sistema no qual as chaves foram instaladas, a AES Eletropaulo conclui que o projeto obteve sucesso uma vez que o TMA foi reduzido aproximadamente 40% em comparação com os registros médios do ano anterior a instalação para uma falta ocorrida à jusante da chave.

4. Referências bibliográficas e bibliografia

NTE 8.130 – Especificação Técnica de Chaves Submersíveis

NBR, NR-33 – Trabalhos em Espaços Confinados

Martins, Clay Marcos & Brandão, Ricardo de Oliveira - Trabalho Técnico: Instalação de Chaves de Proteção e Manobra Automatizadas em Sistemas Reticulados de Distribuição Subterrânea – XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica – **SENDI 2008**.