

Ressarcimento de Danos Elétricos

J.A.Cipoli, E.D.B. Nogueira, A.J.S. Rios.

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados obtidos na pesquisa sobre pedidos de ressarcimento de danos elétricos na área de concessão da CPFL, com o desenvolvimento das seguintes etapas:

a- Identificação das causas – Identificar as causas mais frequentes e reclamações, associando a ocorrência no sistema elétrico com o tipo de aparelho danificado.

b- Desenvolvimento de ferramenta computacional – Uma ferramenta que calcule as sobretensões e subtensões (e suas durações) quando da ocorrência de curto circuito na baixa ou média tensão, mau contato ou falta de neutro, abertura monofásica de circuitos trifásicos, etc.

c- Análise de religamentos – Elaboração de análise das consequências para os consumidores quando da ocorrência de religamentos devido à árvores, pássaros, etc e também os devidos às disrupções de isoladores provocadas por descargas atmosféricas.

d- Plano de ação para redução de queimas – um elenco de proposições para a Empresa e consumidores visando a redução de queimas de aparelhos elétricos.¹

PALAVRAS CHAVE

Curto-circuito, danos, sobretensões, subtensões, transitórios.

I. INTRODUÇÃO

Este informe foi preparado a partir dos estudos e das pesquisas desenvolvidos no Projeto de P&D “Ressarcimento de Danos Elétricos”, realizado pela Universidade Mackenzie para a Companhia Paulista de Força e Luz. Teve por objetivo pesquisar por amostragem dentro da área de concessão da CPFL, os pedidos de ressarcimento de danos elétricos solicitados pelos consumidores.

Na etapa de identificação das causas foram estratificados 491 pedidos de ressarcimento de danos para a obtenção das principais causas, a sua localização na rede de distribuição e os tipos de aparelhos danificados.

Na etapa do desenvolvimento da ferramenta computacional foram escolhidos os principais tipos de ocor-

rências da rede de distribuição e o desenvolvimento do modelo matemático para a simulação elétrica da rede de distribuição. A ferramenta computacional foi desenvolvida para calcular as subtensões ou sobretensões durante as ocorrências. Calcula também a duração do evento, que corresponde ao tempo de atuação de equipamentos de proteção contra sobrecorrente.

A análise de religamentos foi efetuada através de registros oscilográficos obtidos nas subestações Franca, Valinhos e Campinas Centro associando as ocorrências da rede de distribuição aos pedidos de ressarcimento dos consumidores.

A etapa do plano de ação com recomendações à Empresa e consumidores, foi desenvolvida baseada no resultado obtido na pesquisa

II. IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS

Para a identificação das causas foi efetuado um levantamento de dados diretamente dos arquivos das ocorrências com pedidos de ressarcimento de danos, ocorridos nas regiões de Araraquara e Ribeirão Preto.

A estratificação de 491 pedidos de ressarcimento associado às ocorrências da rede elétrica mostrou os seguintes resultados:

TABELA 1:

Pedidos de ressarcimento de danos

Rede Primária	Rede Secundária	Linhas de Transmissão	Indeferidos	Total
102	142	3	244	491

- 88,1 % - sem ocorrência na rede
- 11,9 % - problemas internos, corte, etc.

Os pedidos deferidos mostram os seguintes resultados:

- Com origem na rede primária – 41,1 %
- Com origem na rede secundária – 57,7 %
- Com origem nas linhas de transmissão – 1,2 %

Na rede primária as distribuições das ocorrências que causaram danos em equipamentos, foram verificadas conforme a figura 1.

¹ J. A. Cipoli - engenheiro eletricitista EPUSP/69, atualmente é professor e pesquisador da Universidade Mackenzie, cipoli@lexxa.com.br

E. D. B. Nogueira – engenheiro eletricitista UNESP-BAURU/79, atualmente é pesquisador da Universidade Mackenzie.

A. J. S. Rios – engenheiro eletricitista, atualmente é engenheiro do Departamento de Operação da CPFL

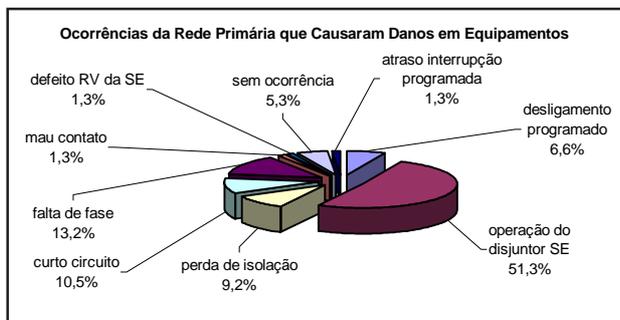


FIGURA 1: Ocorrências na Rede Primária com danos

As causas das falhas verificadas na rede primária de distribuição, que causaram danos em equipamentos, estão detalhadas na figura 2.

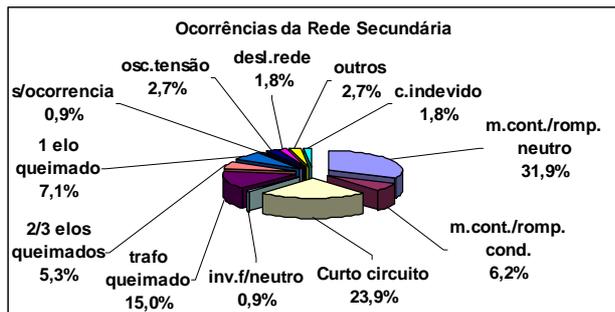


FIGURA 2: Causas das ocorrências na rede primária

Na rede secundária as ocorrências foram verificadas conforme a figura 3.

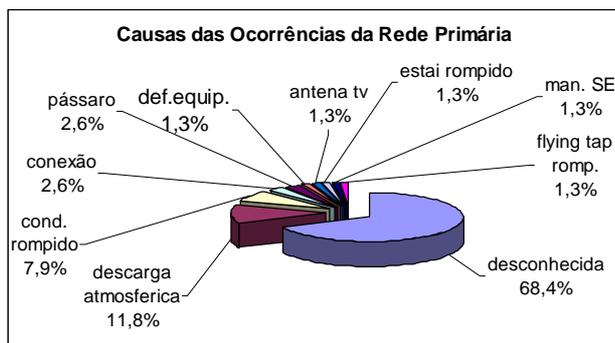


FIGURA 3: Ocorrências na rede secundária com danos

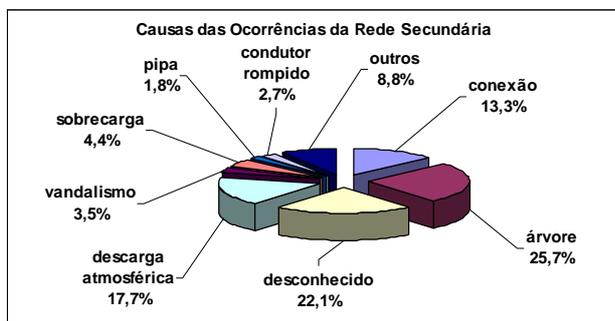


FIGURA 4: Causas das ocorrências na rede secundária

Os tipos de aparelhos danificados para estas ocorrências foram:

- Rede primária - Potência Constante – 8,3 %
- Potência Variável – 91,7 %
- Rede Secundária - Potência Constante – 10,8 %
- Potência Variável – 89,2 %

Da análise efetuada cumpre ressaltar que os danos em 114 aparelhos por “falta/mau contato de neutro”, que são exclusivamente causados pela ocorrência de subtensão e/ou sobretensão de 60 hz teve a seguinte distribuição :

- Aparelhos somente com ligação elétrica – 52,6 %
- Aparelhos com ligação com antenas – 25,4 %
- Aparelhos com ligação com a rede telefônica – 18,4 %
- Aparelhos do tipo portão/porteiro eletrônico – 3,5 %

Para as demais causas, excetuando se às acima mencionadas a distribuição de 308 aparelhos danificados foi a seguinte:

- Aparelhos somente com ligação elétrica – 28,6 %
- Aparelhos com ligação com antenas – 48,4 %
- Aparelhos com ligação com a rede telefônica – 18,5 %
- Aparelhos do tipo portão/porteiro eletrônico – 4,5 %

Esta diferença na proporção encontrada indica que a queima de equipamentos com múltiplas alimentações não tem como única causa o mau funcionamento do sistema supridor de energia.

III. DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL

A partir dos dados obtidos na etapa de identificação das causas, foi estabelecido o desenvolvimento do modelo matemático para o cálculo das subtensões e sobretensões das seguintes ocorrências :

- Na rede secundária:
 - Curto circuito trifásico
 - Curto circuito fase neutro em sistemas trifásicos
 - Curto circuito fase neutro em sistemas monofásicos
 - Falta de Neutro em sistemas trifásicos
 - Falta de neutro em sistemas monofásicos
 - Mau contato de neutro em sistemas trifásicos
 - Mau contato de neutro em sistemas monofásicos
- Na rede primária:
 - Rompimento de condutor do lado da fonte
 - Rompimento de condutor do lado da carga

A ferramenta computacional foi desenvolvida em plataforma excel e nas ocorrências onde há a operação de abertura de equipamentos de proteção tais como elos fusíveis, relés de sobrecorrente e religadores, o programa informa também o tempo de duração do transitório, de acordo com o valor de sobrecorrente e do tipo de equipamento de proteção que operou.

Os elos fusíveis cadastrados são do tipo H de correntes nominais de 1 ampére até 5 ampéres e os do tipo K preferenciais de 10 ampéres até 65 ampéres. O programa permite o cadastro de outras capacidades. Com relação aos relés de sobrecorrente e religadores, para a escolha do usuário foram adotados três tipos de curvas, a normal inversa,

a muito inversa e a extremamente inversa de acordo com a norma IEEE C37. 112-1966.

Para facilitar a montagem dos processos de pedidos de ressarcimento de danos o programa tem uma opção de montagem de relatório contendo os cálculos da simulação do defeito da rede bem como permite ao usuário a inserção dos dados relativos à ocorrência.

IV. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

A. Mau contato de neutro

A planilha de Mau contato de neutro (figura 5), apresenta as seguintes informações:

- Dados de entrada: potências das cargas e respectivo fator de potência, tensões e ângulo das tensões e impedância de mau contato.
- Dados calculados: subtensões / sobretensões e ângulo das tensões.

Dados de Entrada		Dados Calculados	
Tensão Fase Primária (Nominal [V])	127	Tensão Fase Secundária Calculada (V)	210,07
Ângulo das Tensões (Graus)	0	Ângulo das Tensões (Graus)	0,78
Tensão Fase Secundária (Nominal [V])	120		

FIGURA 5: Planilha de Mau contato de neutro

B. Curto-circuito fase-neutro

A planilha de Curto-circuito fase-neutro (figura 6), apresenta as seguintes informações:

- Dados de entrada: condutores, distâncias, potência do transformador, local onde ocorreu o curto e tensão da rede primária.
- Dados calculados: subtensões, sobretensões poste a poste, com o valor da corrente de curto circuito na rede secundária e na rede primária e com o tempo estimado de queima do elo fusível de proteção do transformador.

Dados de Entrada		Dados Calculados	
Tensão (Fase Primária [V])	220	Tensão Primária (Fase Primária [V])	13800
Transformador (kVA)	10	Corrente Primária (A)	8,95
Distância (metros)	100	Corrente de Fuso (A)	182,238

FIGURA 6: Planilha Curto-circuito fase-neutro

C. Queda de condutor da rede primária lado da fonte

A planilha de Queda de condutor da rede primária, lado da fonte (figura 7), apresenta as seguintes informações:

- Dados de entrada: tensão da rede primária, correntes de curto circuito da subestação, dos condutores, das distâncias até o ponto onde ocorreu o rompimento, resistência de

contato e o tipo do equipamento de proteção que operou.

- Dados calculados: valor da corrente de curto circuito, valor da tensão local da queda do condutor e o tempo de atuação do equipamento de proteção escolhido.

Dados de Entrada		Dados Calculados	
Tensão primária (Fase Fase [V])	31500	Tensão no ponto de curto (V)	870
Corrente de curto circuito (A)	309,05	Tempo de Atuação (s)	0,375
Distância de contato (m)	40		

FIGURA 7: Planilha Queda de Condutor

V. ANÁLISE DE RELIGAMENTOS

A análise de religamentos foi efetuada a partir dos registros oscilográficos obtidos em três subestações, cujos resultados são apresentados a seguir:

A – Subestação Valinhos

Nesta subestação foi escolhido o alimentador VAL-07, por apresentar a maior quantidade de interrupções da região como também pela quantidade de pedidos de ressarcimento. Para a obtenção dos registros foi instalado o aparelho denominado BMI 7100. Este aparelho registra os valores de tensão e corrente a partir da violação dos ajustes definidos pelo usuário.

Os limites para o disparo dos registros foram estabelecidos como sendo de $1,02 > V_n < 0,98$ onde V_n é a tensão nominal da subestação de 11,95 kv.

Foram obtidos no período compreendido entre 31/01/2002 e 12/03/2002 65 registros de subtensões (Sag), sendo que nestas datas e nos dias subsequentes das ocorrências não houveram pedidos de ressarcimento de danos no alimentador. Cabe ressaltar que em 60 registros de SAG as tensões não foram inferiores a 11.4 kv e os 5 restantes com os seguintes valores:

- 569 durante 40 ms
- 229 volts durante 1,58 segundos
- 239 volts durante 351 ms
- 10,7 kv durante 130 ms
- 5,5 kv durante 151 ms

Neste mesmo período não foram obtidos registros de sobretensões (Swell) no barramento de 15 kv do alimentador.

B – Subestação Franca

Na subestação Franca foram obtidos os registros oscilográficos dos transitórios de sobrecorrente no barramento de 15 kv.

É apresentado a seguir um caso representativo com o registro de uma sobrecorrente de curta duração de 1202 A para terra sem abertura do disjuntor em dois eventos distin-

tos (o primeiro com duração de 19 ms e o segundo de 11ms) com intervalo de 15 minutos entre eles. A investigação posterior mostrou que houve a abertura monofásica de um elo fusível de 25 k na rede de distribuição. A partir dos valores de sobrecorrente registrados e da localização do defeito na rede de distribuição foi possível efetuar a simulação do evento no programa computacional desenvolvido e determinar no ponto de defeito o valor da sobretensão ocorrida. A tensão calculada foi de 7633 Volts no ponto da rede onde havia um fio metálico estabelecendo o curto circuito. Pelo valor da sobrecorrente registrada há indicações de que o neutro da rede serviu como condutor de retorno da corrente à subestação elevando o potencial do sistema elétrico secundário no local, em relação a um terra remoto de 7,6 kv, podendo danificar os equipamentos elétricos. Ocorreram pedidos de ressarcimento de danos efetuados por consumidores atendidos por três transformadores localizados próximos ao ponto onde ocorreu a falta.

Ressaltamos que a simulação efetuada confirma que o elo fusível não queimaria para o primeiro evento e não suportaria o segundo, conforme ocorreu.

A abertura monofásica do elo fusível provoca o aparecimento de subtensões de longa duração em duas fases nos transformadores trifásicos, o que também pode danificar os equipamentos elétricos.

C – Subestação Centro

O monitoramento da variação da tensão na SE Campinas Centro nos meses de outubro a dezembro de 2001 permitiu a obtenção de registros de desligamentos e religamentos ocorridos no cubículo 14 desta subestação. Foi possível analisar três registros de desligamentos e religamentos de um curto circuito bifásico onde obtivemos os seguintes resultados:

Primeiro evento (com 1 religamento)

- Desligamento do disjuntor
 - Tempo de abertura do disjuntor – 6 ciclos
 - Tensão de 1 pico na fase sã – 11kV (13,2% acima da nominal). A tensão no barramento entre fases é de 11,9kV e portanto a tensão de pico nominal fase terra é de 9,7kV).
- Religamento do disjuntor
 - Tensão de 3 picos na fase sã – 10kV (2,3% acima da nominal).

Segundo evento (com dois religamentos)

- Primeiro desligamento do disjuntor
 - Tempo de abertura do disjuntor – 6 ciclos
 - Tensão de 1 pico na fase sã – 10kV
- Primeiro religamento do disjuntor
 - Tensão de pico na fase sã (9 ciclos) – 10kV
- Segundo desligamento
 - Tempo de abertura do disjuntor – 10 kV
 - Tensão de pico na fase sã (todo o registro) – 10kV

■ Segundo religamento

- Tensão de pico na fase sã (9 ciclos) – 10 kV

Para este evento foram encontrados 3 pedidos de ressarcimento na mesma região da rede de distribuição.

Terceiro evento (com 1 religamento)

- Desligamento do disjuntor
 - Tempo de abertura do disjuntor – 6 ciclos
 - Tensão de pico na fase sã (todo o registro) – 10kV
- Religamento do disjuntor
 - Tensão de pico na fase sã – 9,7kV (valor nominal)

Para este evento foi encontrado 1 pedido de ressarcimento localizado nas vizinhanças dos três pedidos anteriormente mencionados.

Foram encontrados mais dois pedidos de ressarcimento nas vizinhanças em outras datas em que não houve o desligamento do disjuntor.

Os afundamentos momentâneos de tensão (SAGs) registrados no período estão apresentados na tabela 2.

TABELA 2: SAGS

Fases com Sag	10%> sagd"20%	20%> sagd"30%	30%> sagd"50%	Sag>50%
1	-	-	8	6
2	-	1	17	3
3	-	-	4	2

Estes valores de afundamentos momentâneos de tensão foram medidos no barramento da subestação, portanto as quedas tensão referem se apenas às ocorridas nos enrolamentos do transformador de potência. Concluímos daí que os valores de sag ao longo do alimentador foram maiores. Especial atenção deve ser dada ao registro de sag que envolveram mais de umas fases, pois nestes casos as tensões de fornecimento aos consumidores ligados às fases correspondentes na baixa tensão serão mais afetados.

Concluímos, portanto haver o nexos causal entre as reclamações e as ocorrências da rede de distribuição, cujos aparelhos podem ter sido danificados por sobretensão ou subtensão.

VI. PLANO DE AÇÃO PARA A REDUÇÃO DE QUEIMAS

O plano de ação para a redução das queimas foi elaborado a partir da análise das ocorrências e foi separado por tipo atividade as quais resumimos a seguir.

A. Procedimentos operativos

1. Substituição de elos fusíveis de transformadores

Os fusíveis que não queimaram após qualquer tipo de ocorrência devem ser substituídos por novos para que as características originais de cada elo fusível seja aquela de-

terminada pelo fabricante, como forma de evitar queimas indevidas a ocorrência de faltas, sobrecargas momentâneas, correntes de magnetização do transformador ou mesmo durante o funcionamento normal da rede. Ressaltamos que 22,1 % das ocorrências tiveram causas desconhecidas que podem ser atribuídas ao desempenho dos elos fusíveis em más condições.

2. Substituição de elos fusíveis de redes primárias

As ocorrências de faltas nas redes secundárias transferem para a rede primária altos valores de corrente que circularão pelos elos fusíveis de proteção da rede primária. A substituição do conjunto de elos fusíveis deve ser baseada no valor de curto circuito na rede secundária, cujo valor transferido para a rede primária seja superior a 1,5 vezes a corrente nominal do elo de proteção do ramal primário. Nesse caso 68,4 % das ocorrências tem causa desconhecida.

3. Substituição dos cartuchos porta fusíveis

O cartucho porta fusível tem vida útil limitada pela quantidade de interrupções a que foi submetido, que consomem o material formador dos gases deionizantes que efetuam a interrupção do arco elétrico internamente ao tubo porta fusível. A inexistência deste componente fará com que o arco elétrico seja transferido externamente ao cartucho causando o aumento no tempo da interrupção e podendo estabelecer um novo curto circuito entre fases ou fase terra na rede primária. O controle da quantidade de interrupções e a análise das condições dos cartuchos são necessários para o estabelecimento da regra de substituições.

B. Procedimentos de manutenção e inspeção

1. Instalação de espaçadores de PVC na rede secundária

Em locais onde é inevitável a convivência da rede elétrica com árvores, redes sujeitas a vandalismos e que não estão previstos investimentos com a rede pré-reunida, a implantação de espaçadores de PVC, reduzirá a quantidade de ocorrências de faltas na rede secundária. A estratificação das ocorrências mostra que a causa “árvore” foi responsável por 25,7 % e a causa “papagaio/pipa” por mais 1,8 % das ocorrências com pedidos de ressarcimento.

2. Inspeção e manutenção das conexões

A causa “mau contato” foi responsável por 2,6 % das ocorrências na rede primária e por 13,3 % das ocorrências na rede secundária, indicando a necessidade de avaliação na qualidade das conexões e/ou na qualidade dos serviços executados na confecção das conexões.

3. Inspeção e recebimento de obras

A estratificação mostra que na rede primária as causas “flying tap rompido, conexão e condutor rompido” são responsáveis por 11,8 % das ocorrências e que na rede secundária as causas “rompimento de condutores” repre-

sentam 38,1 % das ocorrências. Há indícios de que a qualidade das conexões (material e mão de obra), associadas ao tracionamento que se dá aos condutores na execução das obras são responsáveis por esta pela quantidade de ocorrências. Em função disso, o estabelecimento de critérios que verifiquem estes itens durante o recebimento das obras se faz necessário.

C. Supervisão e controle

1. Carregamento de transformadores

Revisar o critério estabelecido de carregamento máximo dos transformadores de 150 % do kvat, em função do valor mínimo estabelecido pela resolução 505/ANEEL de 116 volts. A queda de tensão interna de transformadores com este carregamento e que tenham impedância interna de 3,5 % é de 10 volts. Admitindo a tensão nominal de 127 volts, a rede poderia admitir apenas um volt de queda de tensão. Os níveis de tensão muito baixos entregue aos consumidores podem contribuir para a queima de aparelhos.

2. Balanceamento de redes

A tensão efetivamente entregue às cargas entre uma fase e o neutro depende das quedas de tensão no transformador, no condutor fase e no condutor neutro.

Circuitos desbalanceados principalmente aqueles que utilizam condutores de bitolas menores causam altos valores de queda de tensão no neutro reduzindo significativamente o valor efetivo da tensão entregue ao consumidor, contribuindo para a queima de aparelhos elétricos.

D. Filosofia de proteção contra sobrecorrente

1. Religamento de disjuntor de subestação

Quando a unidade instantânea do relé de terra atua significa que ocorreu um curto circuito fase terra de grande intensidade na rede de distribuição e com altíssimas possibilidades do envolvimento do neutro. Como os ajustes das unidades instantâneas dos relés de terra são iguais ou superiores a 1000 A, o seu disparo significa que o defeito situa-se dentro do perímetro urbano com o envolvimento do neutro. Como já visto valores altos de tensão são aplicados ao neutro da rede, implicando na queima de aparelhos elétricos. O religamento destas faltas agrava a situação, indicando a necessidade de se abolir este procedimento ou da redução da quantidade atualmente ajustada.

E. Procedimentos Técnicos

1. Instalação de para raios

O índice cerâmico na área de concessão da CPFL indica que a densidade de raios por quilometro quadrado é muito alta, evidenciando a necessidade de instalação de para raios em todos os transformadores de distribuição. A estratificação mostra que 41,1 % dos transformadores queimados foram por descarga atmosférica.

2. Aterramento de transformadores

O valor da resistência de aterramento dos transfor-

madores não pode ser superior a 40 ohms para garantir baixos tempos de atuação dos equipamentos de proteção contra sobrecorrente.

3. Proteção de transformadores e redes primárias

O desligamento monofásico de transformadores trifásicos do tipo triângulo-estrela causam subtensões de longa duração podendo danificar os equipamentos de potência constante e aos equipamentos com eletrônica sensível. Desta forma os equipamentos de proteção e manobra devem ser gradativamente substituídos por componentes de abertura trifásica.

F. Recomendações aos consumidores

- Instalar supressores de surto no quadro de entrada, no quadro de distribuição interno e nas tomadas onde serão ligados os equipamentos sensíveis, para proteção contra descargas atmosféricas;
- Instalar o equipamento “no break” na alimentação de microcomputadores e outros equipamentos de alto custo e sensibilidade.
- Efetuar o aterramento de todos os equipamentos de acordo com as recomendações da NBR-5410.
- Efetuar a proteção específica de equipamentos que múltiplas alimentações como é o caso de tv's, microcomputadores, telefones sem fio, estações de pabx, etc que podem receber induções eletromagnéticas oriundas destas fontes de alimentação.
- Efetuar a manutenção do sistema elétrico de forma a reduzir as possibilidades de curto circuito, mau contato, etc.
- Efetuar quando possível a ligação entre fases de equipamentos sensíveis, evitando as variações de tensão que ocorrem no neutro da rede de distribuição.

VII. COMENTÁRIOS FINAIS

As ocorrências de faltas na rede de distribuição causam subtensões e sobretensões com tempos definidos pelos equipamentos de proteção existentes. Pelo que foi observado, em muitos casos os tempos de atuação dos equipamentos são insuficientes para evitar a queima dos equipamentos.

Desligamentos monofásicos de transformadores trifásicos causam interrupções de longa duração, indicando a necessidade do estabelecimento de nova filosofia de proteção de redes primárias e transformadores.

Nem todas as queimas de equipamentos elétricos são causadas pelo mau funcionamento do sistema supridor. Conforme observado durante a pesquisa é provável que muitos equipamentos tenham sido danificados por sobretensões oriundas de outras fontes de alimentação (antenas de rádio e tv, rede telefônica, etc).

Faltas intermitentes na rede de distribuição, causam o aparecimento de subtensões e sobretensões com durações insuficientes para sensibilizar os equipamentos de proteção, mas suficientes para ao longo do tempo causar danos em equipamentos. O monitoramento das tensões e correntes no barramento de 15 kv das subestações é recomendado para se antecipar a à abertura do disjuntor e corrigir o problema na rede de distribuição.

Analisando o barramento de 15 kv das subestações não foram observados sobretensões em valor eficaz durante o religamento de disjuntores nos circuitos de distribuição.

Em função dos resultados obtidos na etapa análise de religamentos, verificamos a necessidade do aprofundamento da pesquisa quanto aos transitórios que ocorrem durante as faltas da rede primária, incluindo aqueles que não causam o desligamento dos equipamentos de proteção. É necessário também definir as características dos desligamentos e religamentos dos disjuntores, religadores, chaves à óleo quanto ao surgimento ou não de transitórios prejudiciais aos equipamentos dos consumidores.

VIII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIVROS:

- [1] J.A. Cipoli, Engenharia de Distribuição, Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.

RELATÓRIOS TÉCNICOS:

- [1] Sollero, Raul B., Ross Ricardo P., Souza, Luiz Filipe W., Power Quality In Brasil , - Cepel , Cigré Session 2000;
- [2] Eleilson S. (Cepel), Mbrikistzis Nikolaos M. (Eletrofusi), Gomes, Vitor G., Góis, Batista M., Costa, Erivaldo Da (Cemig), Elos Fusíveis De Distribuição: Especificação Desenvolvimento E Ensaios, Costa, - Revista Eletricidade Moderna
- [3] Critérios E Procedimentos Para Interrupções Do Fornecimento De Energia Elétric, Relatório Codi - 12.02.
- [4] Análise Das Consequências Das Interrupções Do Fornecimento De Energia Elétric, Relatório Codi - 12.03.
- [5] Murata, S. T., Piantini, A., Bassi, W., Modelo De Dispositivos Limitadores De Corrente De Curto Circuito Para Estudo De Tensões Transferidas Ao Secundário, Na Condição Sob Carga, (Iee-Usp/Ced 283/Stra002/Nt 005/Fev, 1998)