

Desenvolvimento de Metodologia e Dispositivo de Proteção de Transformadores de Distribuição para Minimização de Queimas

José Mak, Roberto Luiz Crespo Maciel, Adelfo Brás Barnabé, Newton Guaraldo, CGTI – Centro de Gestão de Tecnologia e Inovação - Campinas - SP. João Cleveland C. de A. Picanço, CERON – Centrais Elétricas de Rondônia – Porto Velho-RO

Resumo – Os transformadores de distribuição aéreos estão instalados normalmente a um nível abaixo do circuito primário de alimentação, estando sujeitos aos surtos atmosféricos incidentes neste e sobretensões de frequência industrial originadas por curto-circuitos ou manobras na rede.

Normalmente, os transformadores são protegidos contra surtos atmosféricos através de pára-raios e também chaves fusíveis para proteção contra sobrecorrentes ou curto-circuitos na Alta tensão.

Já transformadores auto-protegidos por disjuntores internos imersos em óleo tem apresentado alto custo do componente principal de proteção, o disjuntor, importado e com comando de fácil acesso, levando aos consumidores bloquearem a alavanca de rearme para impedir a atuação da proteção e conseqüente falta de energia.

De modo a solucionar estes problemas, esse artigo apresenta uma metodologia de proteção para proteger o transformador contra sobretensão na baixa tensão, diminuir o risco de falha, e proteger contra sobrecorrentes, reduzindo o tempo de interrupção de energia devido à queima dos transformadores.

Palavras-chave - Distribuição, Dispositivo, Proteção, Rede, Transformadores.

I. INTRODUÇÃO

Em estudo feito numa base de dados de mais de 1500 transformadores de distribuição, concluiu-se que cerca de 50% das falhas foram provocadas por curtos-circuitos relacionados a surtos atmosféricos (Nakagawa, F. & Mak, J. 1994). Foi observado também que a utilização de elos fusíveis para proteção contra curtos-circuitos nas redes secundárias não está sendo eficaz por causa do isolamento dos transformadores. A mesma constatação foi feita em relação às descargas atmosféricas, uma vez que em boa parte dos casos havia pára-raios na estrutura do transformador.

Neste estudo foi avaliada a correlação entre os resultados do estudo anterior e os transformadores de distribuição da CERON, a fim de determinar o grau de importância das causas discriminadas.

O estudo e o desenvolvimento de metodologias permitiram a proposição e a avaliação daquelas que provocassem a redução do número de falhas dos transformadores de distribuição no sistema de forma efetiva e econômica.

Foram desenvolvidos dispositivos que atuam de forma sinérgica com os equipamentos de proteção existentes, tornando-os mais efetivos na proteção contra sobretensões transitórias, curtos-circuitos, etc.

II. FORMA DE AVALIAÇÃO PROPOSTA.

Realizado levantamento bibliográfico do estado da arte na literatura nacional e internacional sobre problemas mais usuais e sobre metodologias de solução de problemas de queima de transformadores de distribuição.

Foram pesquisadas, propostas, definidas, avaliadas e testadas novas metodologias para redução do número de falhas dos transformadores de distribuição no sistema.

Foram identificadas as alternativas de maior viabilidade técnico-econômica dentre aquelas estudadas no levantamento do estado da arte. Uma nova metodologia foi definida, estabelecendo procedimentos, ensaios e critérios para caracterizar potenciais soluções para redução do número de falhas dos transformadores de distribuição.

A implementação das soluções propostas foram efetivadas por meio do desenvolvimento de protótipo de dispositivo de proteção, que foi estudado em laboratório de alta tensão da Unicamp para determinação do dimensionamento

e para avaliação do desempenho.

Foi escolhida uma região típica para avaliação de desempenho em condições reais de campo por um período total de cerca de um ano e meio.

Foram escolhidos transformadores-pilotos, contendo um mínimo de supervisão para avaliação de desempenho e dos processos de instalação do dispositivo em condições reais de campo, por um período de quatro meses.

Os resultados obtidos foram tabulados e avaliados. Com base nisso o dispositivo foi reprojeto, reconstruído com dimensionamento mais adequado.

Foi escolhida uma região típica para avaliação de desempenho do dispositivo em condições reais de campo por um período de dois anos.

Os resultados obtidos foram novamente tabulados e avaliados. A partir disso foi efetuada uma avaliação geral dos resultados do projeto.

O ineditismo deste estudo foi buscar a possível implementação de proteções de transformadores de distribuição técnica e economicamente mais eficazes e interessantes que aquelas anteriormente utilizadas.

Dessa forma, se esperou melhorar o desempenho das proteções desses transformadores e reduzir substancialmente os custos de manutenção e a quantidade de falhas.

III. Desenvolvimento do Estudo.

O estudo foi desenvolvido por etapas no período de quatro anos.

Iniciou-se em 2006, partindo do Levantamento do Estado da Arte sobre os problemas mais usuais e sobre metodologias de solução para queima de transformadores de distribuição.

Foi feita pesquisa e levantamento das causas dos defeitos e dos problemas mais importantes associados aos transformadores de distribuição. Tendo-se conseguido dados estatísticos de 16 concessionárias do Setor elétrico sobre o assunto.

Com base nesses dados foi feita a avaliação e diagnóstico das características dos defeitos encontrados. E daí se desenvolveu alternativas de novas metodologias de proteção.

Foram procedidos testes investigativos em laboratórios em arranjos de proteção e avaliação dos resultados com o diagnóstico sobre os ensaios preliminares. Definindo-se a partir daí a

nova metodologia de proteção escolhida.

No segundo ano foi desenvolvido projeto e a confecção de dispositivo de proteção protótipo, fazendo-se a instalação de 10 unidades em transformadores da rede da distribuição da CERON.

Dentro do terceiro ano do projeto foi realizada a avaliação dos resultados da aplicação para validação da nova metodologia de proteção, reprogramada e concluída no período de Setembro a Dezembro/2008, bem como a avaliação e definição de procedimentos em caso de determinação de não conformidades.

Em continuidade ao terceiro ano do projeto, no período de Dezembro/08 a Janeiro/09 foi realizado o reprojeto e redimensionamento do dispositivo e a aplicação dos mesmos em área piloto da rede de distribuição da CERON em Fevereiro/09.

Neste mesmo Ano3 do estudo, foi encerrado o acompanhamento e levantamento de dados de campo verificados entre Março a Agosto/09 com a finalidade de testar e avaliar os procedimentos funcionais alternativos em campo em amostras de famílias de transformadores de distribuição da CERON.

No quarto Ano foi encerrado o acompanhamento e levantamento de dados de campo verificados entre Setembro/09 a Fevereiro/10 em amostras de famílias típicas de transformadores da rede de distribuição, onde foram instalados os dispositivos de proteção a critério da CERON, para avaliar a redução de falhas nos pontos de transformação onde ocorreu a maior incidência das mesmas em todo período de avaliação.

Também nesse quarto foi finalizada a meta do CGTI dentro do estudo em fornecer todo material utilizado nesses quase 04 anos de pesquisa conjunta com a CERON encaminhando a mesma o que foi desenvolvimento nas etapas desta pesquisa conjunta para que essa pudesse avaliar com o conhecimento adquirido as falhas ocorridas em seu sistema de distribuição com o auxílio dos dispositivos de proteção instalados em sua rede de distribuição a seu critério nos pontos que determinou como os que haviam tido maior incidência de falhas.

Foi apresentado todo processo de desempenho dos Dispositivos de Proteção no decorrer das etapas destes 04 anos de pesquisas conjuntas do CGTI/CERON, abrangendo desde a pesquisa para determinação da metodologia a ser adotada, ensaios em laboratório, avaliação de desempenho de campo dos protótipos dos dispositivos na rede de distribuição da CERON nos pontos de transformação determinados pela

concessionária como sendo os que apresentaram maior incidência de falhas, bem como os resultados das análises destas ocorrências.

Em complemento ao Ano 4, foi apresentada pelo CGTI a CERON toda documentação gerada pelo emprego da Metodologia adotada para confecção dos Dispositivos de Proteção.

IV. Resultados Alcançados.

A. Primeiro Ano do Projeto.

A experiência mundial em termos de proteção de transformadores para sobretensões originadas por descargas atmosféricas, utiliza nos dias de hoje, pára-raios com a tecnologia de oxido de zinco.

Para proteções de alta e extra alta-tensão, os pára-raios de oxido de zinco tem apresentado excelente performance, mas outras tecnologias como centelhadores com blocos de oxido de zinco ou com elos fusíveis merecem estudos de desenvolvimento pela relação custo-benefício.

Na classe de tensão de distribuição, tal benefício é irrisório, face à tecnologia do ZnO estar amplamente difundida e a um custo residual em termos de produção, portanto, a maneira mais eficiente de proteção de transformadores aéreos de distribuição é com o uso de pára-raios de oxido de zinco e, minimizar os efeitos da sobretensão resultante devido à indutância do sistema, instalando-se os pára-raios o mais próximo possível das buchas do transformador.

Especial atenção foi dada às falhas de transformadores ocasionadas por surtos oriundos do lado secundário do transformador que pode representar de 50% a 70% das origens das falhas.

Para tanto, o secundário dos transformadores aéreos de distribuição deverá ser protegido contra sobretensões de outras origens.

Pára-raios para tensão secundária, com grande capacidade de corrente devem ser instalados o mais próximo possível dos terminais de saída secundária do transformador.

Pára-raios com as características acima podem ter custos elevados e foi estudada a possibilidade de desenvolver alternativas de redução de custo como pára-raios de oxido de zinco com centelhadores internos que, pelo processo de resfriamento do arco elétrico no centelhador, apresenta a possibilidade de diminuição do bloco de varistores, diminuindo a energia dissipada neste meio.

Para proteção dos transformadores aéreos, a tecnologia atual do elemento fusível está bastante desenvolvida, possibilitando coordenação adequada entre a corrente de carga e corrente de falta, com custo reduzido e com resultados satisfatórios em termos mundiais.

O uso de chave fusível é uma ótima solução para sobrecorrentes devido à sua eficácia, baixo custo de instalação e manutenção e boa confiabilidade na proteção do transformador.

A sua atuação protege os equipamentos associados, porém a um alto custo de desligamento de toda a carga secundária, aumentando os índices associados ao desligamento.

O Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento denominado “Desenvolvimento de Metodologias e Dispositivo de Proteção de Transformadores de Distribuição para Minimização de Queimas, desenvolveu estudo no sentido de aperfeiçoar os transformadores existentes, com novo dispositivo de proteção para reduzir queimas, bem como desenvolveu nova metodologia para CERON diagnosticar as causas das falhas em seus transformadores de distribuição e direcioná-los a providências cabíveis para sua recuperação ou não para reintegração com qualidade de desempenho dentro de seu sistema de distribuição, visando redução de custos.

Para a diminuição dos custos globais, o novo dispositivo de proteção do transformador foi localizado próximo ao corpo do mesmo, eliminando-se a necessidade de cruzetas adicionais de instalação dos pára-raios, chaves fusíveis, e reduzindo-se também a quantidade de fios e conectores utilizados no aterramento, contribuindo para a diminuição da poluição visual ocasionadas pelas cruzetas.

A pesquisa foi conduzida na obtenção da melhoria, na proteção dos transformadores para minimização das queimas.

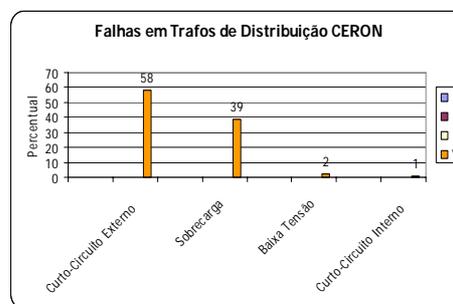


Gráfico 1

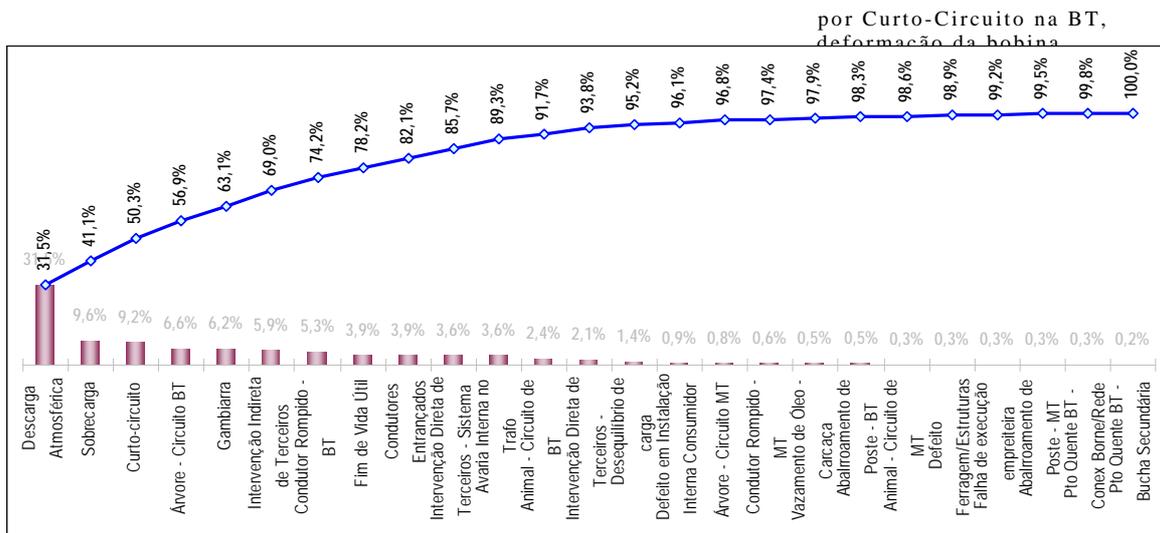


Gráfico 2

- Em princípio as ocorrências relatadas no Gráfico 1 referentes à CERON, não fogem as levantadas no Gráfico 2 relativos às concessionárias do Setor Elétrico consultadas das regiões: Norte, Nordeste e Sudeste;
- Quanto aos procedimentos e metodologia em uso para análise das causas de queima e recuperação dos transformadores de distribuição falhados, utilizando mão de obra de oficina de prestadora de serviço especializada, não vem de encontro ao que às demais concessionárias do Setor Elétrico utilizam;
- A média do percentual de queima de Transformadores de Distribuição nas empresas consultadas do Gráfico 2, está em torno de 2,5%;
- A proposta de utilização de “Dispositivo de Proteção” para minimizar a queima de transformadores com certeza virá reduzir o percentual de queima de 5% atualmente na CERON.

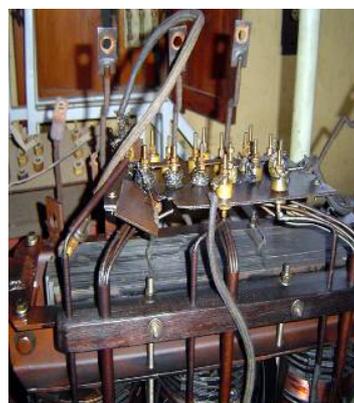


Foto 2: Descarga Atmosférica afetando o comutador de Taps.

Metodologias Avaliadas:

1) Metodologia do Transformador Autoprottegido

Características Construtivas:

Um transformador autoprottegido é formado pelo seguinte conjunto de equipamentos:

- ↳ Transformador de potência;
- ↳ Disjuntor de Baixa Tensão imerso em óleo;
- ↳ Fusível de Média Tensão imerso em óleo;
- ↳ Para-raios de Média Tensão instalados junto às Buchas.

2) Metodologia do Dispositivo de Proteção de Transformadores de Distribuição



Foto 1: Transformador avariado

Características Construtivas:

O Dispositivo de Proteção tem os seguintes equipamentos associados:

- ↳ Disjuntor de Baixa Tensão Externo ao transformador;
- ↳ Fusível de Média Tensão Externo ao transformador;
- ↳ Para-raios de Média Tensão Externo ao Transformador;
- ↳ Para-raios de Baixa Tensão Externo ao Transformador;
- ↳ Sinalização;
- ↳ Sensor de temperatura do transformador, externo;
- ↳ Relé térmico.

• Disjuntor de Baixa Tensão Externo

O principal componente anexado ao dispositivo de proteção é o disjuntor de Baixa Tensão, pois proporciona toda a proteção contra sobrecorrente de origem externa.

No entanto, para combinar as características térmicas do disjuntor às do transformador, o elemento térmico do disjuntor de BT foi retirado ficando apenas a função para curtos-circuitos.

O disjuntor termomagnético tem uma bobina de abertura de comando externo, sendo acionada através de relé térmico instalado no corpo do transformador. Desse modo quando o transformador atingir a temperatura crítica, definida pelo estudo, o relé térmico comandará a abertura do disjuntor de BT.

• Fusível de Alta Tensão Externo

O fusível primário tem a função de proteger o Transformador de Distribuição.

Um dos pontos mais importantes da metodologia do dispositivo de proteção é a coordenação entre o fusível primário e o disjuntor secundário. A coordenação deve ser de tal modo que o disjuntor isole o circuito de qualquer falha do lado da carga antes que o fusível primário opere.

A chave fusível externa proporciona maior segurança na operação dos transformadores de distribuição, pois aumenta a visibilidade do equipamento estar conectado ou não na rede para os técnicos e eletricitistas.

• Para-raios de MT e Instalação Externa

A finalidade do para-raios é proteger o transformador de distribuição contra danos na isolação causados por descargas atmosféricas. O para-raios é conectado diretamente à bucha terminal de média tensão do transformador e a

linha do sistema de distribuição é trazida tanto ao terminal da bucha de média tensão quanto para o terminal do para-raios.

Quanto mais próximo ao transformador for montado o para-raios, menor será o cabo de conexão que existirá entre o para-raios e o transformador. Quanto mais curta for essa ligação, menor será o surto de tensão induzida no enrolamento do transformador.

• Para-raios de BT e Instalação Externa

Nas linhas aéreas de baixa tensão o processo de geração de sobretensões é bastante diferente. Os condutores neutros estão geralmente presentes e ligados a terra em espaçamentos que variam de 50 a 500 metros. Além disso, a tensão suportável de impulso atmosférico entre fases e entre fases e neutro é muito menor do que em linhas de MT.

Por essas razões, os condutores fase e neutro são curto-circuitados muito cedo, para que as sobretensões sejam dominadas pelo número e pela impedância das ligações a terra.

Nesse caso, são necessárias precauções especiais a fim de prevenir a ocorrência de disrupção entre os condutores cobertos, o que pode causar a ruptura mecânica do condutor.

Entretanto, componentes como transformadores e cabos isolados serão permanentemente danificados se forem expostos a sobretensões que causem ruptura da isolação.

Estudos estatísticos sobre a análise de danos em transformadores por descarga atmosférica indicam que aproximadamente 40% das causas de ruptura da isolação internas estão associadas a sobretensões incidentes pela Baixa Tensão ou pelo condutor neutro da rede secundária.

• Sinalização

O relé térmico utilizado terá um conjunto de contatos auxiliares para o funcionamento das lâmpadas de sinalização.

O relé térmico é ajustado de maneira que os seus contatos fechem a uma temperatura predeterminada, antes que o transformador atinja sua temperatura crítica.

Quando a lâmpada acender dará a primeira indicação para a concessionária de que a carga deste transformador em particular cresceu até o ponto em que pode ocorrer dano ao equipamento.

• Controle de Emergência

O dispositivo poderá ser ativado externamente para aumentar a quantidade de carga permitida no transformador. Isto é feito aumentando o ajuste da temperatura de disparo do relé térmico.

- **Facilidades na Instalação**

O Dispositivo poderá ser instalado em qualquer posto de transformação convencional existente sem a necessidade de intervenção na rede primária. Atendendo dessa forma a um dos principais requisitos da metodologia, ou seja: atender à minimização de queimas por descargas atmosféricas e outras falhas em transformadores de distribuição instalados nas redes da CERON.

- **Segurança na Operação do Dispositivo de Proteção**

Quando os transformadores de distribuição convencionais são submetidos a sobrecargas, o óleo isolante se aquece, podendo atingir temperaturas elevadas, muito superiores ao valor de projeto. Esses transformadores normalmente permanecem em serviço mesmo nessas condições. Assim, persistindo a sobrecarga ou ocorrendo curto-circuito na rede de baixa tensão, há risco de ocorrer vazamento ou mesmo explosão do equipamento, devido ao aumento da temperatura e pressão interna, colocando em perigo o electricista e terceiros.

Na metodologia do Dispositivo de Proteção, o transformador não permanece em serviço nestas condições, pois o disjuntor de baixa tensão irá operar e não há possibilidade de fechamento de seus contatos principais enquanto a temperatura do óleo não retornar a níveis seguros.

- **Aumento de Confiabilidade**

Nos transformadores convencionais, não há restrição ao acréscimo de carga: ela aumentará até que a proteção opere ou ocorra um dano definitivo no equipamento. Quando isso ocorre, o consumidor fica repentinamente sem energia, geralmente durante as horas de demanda alta, e a equipe de rede terá que restaurar o fornecimento. Se o transformador estiver muito danificado, será necessária a sua substituição, o que acarretará algumas horas de interrupção da rede.

- **Gerenciamento da Carga**

Quando ocorrer queima do transformador, o fornecimento de energia é interrompido até que a concessionária faça o reparo. Esse tempo causa insatisfação no cliente pois, por não ser uma atividade programada, em geral demanda mais tempo.

Por meio da lâmpada de sinalização do Dispositivo de Proteção, verifica-se uma melhor

administração do crescimento de carga, antecipando providências e evitando a troca do transformador em situação de emergência, reduzindo assim o tempo de desligamento.

Essa sinalização pode ser usada para elaboração de um planejamento do sistema, a fim de reduzir a taxa de falhas de transformadores e consequentemente, os custos de reforma desses equipamentos.

- **Acréscimo na Seletividade da Proteção do Sistema**

Com a implantação do Dispositivo de Proteção, existe um ganho na seletividade da proteção, pois o equipamento tem a capacidade de isoladamente, enxergar e isolar o defeito antes que ocorra dano à rede de distribuição, reduzindo o número de consumidores sem energia.

- **Aspecto Econômico**

A solução aqui definida é a mais simples e de menor custo que se pode realizar para dotar os transformadores da CERON com as proteções selecionadas; considerando que dispensa transformadores especiais (como seria um autoprotetido), concentra os novos componentes em uma simples caixa a ser fixada no poste; com instalação muito barata.

B. Segundo Ano do Projeto.

Definida como a metodologia a ser adotada a apresentada no item anterior (Metodologia do Dispositivo de Proteção de Transformadores de Distribuição), por ser a mais simples e de menor custo que se pode realizar para dotar os transformadores da CERON com as proteções selecionadas; considerando que dispensa transformadores especiais (como seria um autoprotetido), concentra os novos componentes em uma simples caixa a ser fixada no poste; com instalação muito barata.

Foi desenvolvida neste segundo ano do projeto a confecção do dispositivo de proteção protótipo, realizando-se a instalação de 10 unidades em transformadores da rede da distribuição da CERON.

Descrição do Projeto

- **Características Construtivas**

O dispositivo é composto de caixa externa de fibra de vidro que diminui a absorção do calor do sol sobre os equipamentos internos; permite a passagem dos barramentos de ligação sem a necessidade de isoladores; é resistente à

corrosão.

Lâmpadas de sinalização externas foram projetadas para facilitar os serviços do eletricitista de rede; alavanca frontal para manobra com uso de bastão de alta tensão, permitindo operação sem necessidade de escada; possui terminais externos dos condutores com dois furos próprios para terminais já utilizados em rede de alumínio. Para redes com condutores pré-reunidos foi previsto para utilizar fitas isolantes de modo a manter os terminais seguros. A passagem dos barramentos de cobre através das paredes de fibra de vidro não permite a entrada de pequenos animais como: abelhas, marimbondos, formigas, etc.

O protótipo do dispositivo de Proteção tem os seguintes equipamentos associados já descritos no primeiro ano do projeto:

- ↳ Disjuntor de Baixa Tensão Externo ao transformador;
- ↳ Fusível de Média Tensão Externo ao transformador;
- ↳ Para-raios de Média Tensão Externo ao Transformador;
- ↳ Para-raios de Baixa Tensão Externo ao Transformador;
- ↳ Sinalização;
- ↳ Sensor de temperatura do transformador, externo;
- ↳ Relé térmico.



Painel Fechado



Painel Aberto

Foto3: Caixa do Dispositivo.

Foto da Instalação Típica:



Foto 4: Dispositivo fixado no poste sob o Transformador.

Resultados Obtidos na Aplicação da Nova Metodologia:

Relatórios de Ocorrências nos Dispositivos:

O período de permanência dos 10 dispositivos nos postes foi de quatro meses, desde sua instalação em 28.08.08 até 31.12.08. Cada dispositivo está conectado entre as saídas de 220 Volts de transformador de distribuição e os condutores de baixa tensão da rede da CERON.

Os 10 dispositivos de proteção estiveram instalados em condições normais de operação da rede de distribuição da CERON, sendo submetidos a agressões diversas como: sobretensões, variação de temperatura, chuvas, descargas atmosféricas, tendo atuado conforme descreve o modelo abaixo de relatório, para a CERON encaminhar ao CGTI as ocorrências registradas no período:

CGTI Centro de Gestão de Tecnologia e Inovação

Relatório de Atuação do Dispositivo de Proteção

Dispositivo Nº 04 Data 19/08/2008

Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D 05 - Ano 2 - Fase de Instalação Piloto

Ocorrência

Localização: Rua Tabajara com R. Guanabara

Potência Trafo: 75 kVA Temperatura Trafo: 110 °C Chuva nesse dia: () Sim (X) Não

Situação Visual Externa do Dispositivo

() Foi encontrado com as LÂMPADAS:

Indica desligamento por sobrecarga

1) Fazer Inspeção visual no Trafo. e Rede Secundária, com procedimento CERON;

2) verificar a temperatura no Relé, dentro da caixa do dispositivo:

- se estiver abaixo de 80 °C: pode religar;
- se estiver acima de 80 °C: aguardar baixar para menos de 80° C ; depois religar.

(X) Foi encontrado com as LÂMPADAS:

Indica Disjuntor desligado por curto-circuito na rede secundária

1) Fazer Inspeção visual no Trafo. e Rede Secundária, com procedimento CERON;

2) verificar os LEDs dos para-raios, dentro da caixa do dispositivo:

- se encontrar um ou mais acesos (indica defeito no pára-raios);
- abrir chave fusível do trafo, e depois substituir os para-raios danificados (acesos).

() Foi encontrado com todas as 5 lâmpadas APAGADAS:

- Verificar se o Trafo, está desligado na Alta Tensão;
- Procedimento CERON para o Religamento do Trafo e da rede.

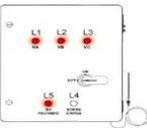
() Foi encontrado com 1 ou 2 LÂMPADAS SUPERIORES APAGADAS:

Indica falta de tensão na Fase.

- Procedimento CERON para o Religamento da rede.

Página 1 de 2

Relato de Ocorrência no Dispositivo: _____

Situação Normal do Dispositivo: 

Relato da Ocorrência na Rede

Fusível de Alta-tensão rompido? () Sim (X) Não

Inspeção visual:

- Trinca nos isoladores?..... () Sim (X) Não Onde? _____
- Vazamento de óleo?..... () Sim (X) Não
- Animal sobre o trafo?..... () Sim (X) Não

Pára-raios do trafo atuou?..... () Sim (X) Não

Transformador foi substituído?..... () Sim (X) Não Potência do novo: _____ KVA

Rede Secundária:

- Cabo rompido?..... () Sim (X) Não Qual fase? _____
- Gaiho na rede?..... () Sim (X) Não
- Aterramento rompido?..... () Sim (X) Não
- Teve arriamento do Neutro?..... () Sim (X) Não
- Tem separador na rede secundária? (X) Sim () Não
- Defeito no ramal de serviço?..... () Sim (X) Não Qual defeito? _____

Observações: _____

Apontamento de Tempo: Serviços na Rede: INÍCIO 11:00 / TÉRMINO 14:30
 Serviços no Dispositivo: INÍCIO _____ / TÉRMINO _____

Nome do Responsável pelo Preenchimento: _____ Visto: 

Encaminhar esta folha original preenchida para Engenheiro João Picanço na CERON

Página 2 de 2

No Relatório de **19.08.2008** dispositivo nº 04, instalado no transformador de 75 KVA na rua Tabajara com a Av. Guanabara, o dispositivo foi encontrado com a lâmpada indicando disjuntor desligado por curto-circuito na rede de B.T.

Como resultado da análise concluiu-se que deve ter ocorrido curto-circuito na rede secundária e por isso houve a atuação do disjuntor protegendo o transformador. Feita inspeção visual no transformador e rede secundária, com procedimento CERON.

C. Terceiro Ano do Projeto.

Reprojeto e Redimensionamento

Cada um dos dispositivos permaneceu em regime contínuo de operação na rede durante cerca de 3.700 horas não se registrando nenhuma anormalidade nos componentes dos dispositivos. Somando no conjunto cerca de 37.000 horas.

As verificações visuais nos dispositivos evidenciaram estar os componentes, ligações, placas de fundo e de proteção frontal em bom estado e condições de continuarem operando.

Não se verificou ocorrência de entrada de umidade nas caixas dos dispositivos, e nem indicação de problemas por aquecimento interno.

As fotos tiradas dos interiores das caixas mostraram que não existiu presença de corrosão e nem aquecimento nos pontos de conexões.

O Relé de temperatura continuou atuando conforme parametrização aplicada inicialmente nos dispositivos.

As lâmpadas continuaram em bom estado, e se mostraram suficientes para cumprir sua função de indicação do estado normal ou de atuação do dispositivo.

Os para raios de Baixa Tensão apresentaram atuação adequada e se encontravam em bom estado.

O manúbrio originalmente especificado apresentou bom desempenho, sendo que o único caso de quebra foi atribuído a manejo inadequado, concluindo-se pela não necessidade de alteração desse componente.

Verificou-se que os dois trincos de travamento da porta do dispositivo e a borracha de vedação continuaram em bom estado garantindo uma vedação aceitável das atuais condições dos mesmos.

Não foi encontrada nenhuma fiação solta entre os componentes originalmente instalados, apresentado-se em boas condições de operação e sem presença de sinais de aquecimento nos contatos e materiais associados.

Externamente foi verificado que os dispositivos encontravam-se com algum acúmulo de sujeira, perfeitamente compatível com o tempo da instalação, e aparentemente sem comprometimento ou ataque da pintura das caixas.

Quanto aos disjuntores de baixa tensão as verificações, inclusive as operações registradas, demonstraram que se encontravam em bom estado para continuidade em serviço.

Quanto à fixação dos sensores nos radiadores dos transformadores, para efeito da tomada de temperatura associada ao relé, ficou evidenciado que precisa ser melhorada devendo ser feita agora com uso de cinta metálica.

Quanto aos conectores dos cabos de conexão do dispositivo para a rede deverá ser mantido o conector originalmente definido. O caso que apresentou mal contato e algum aquecimento nessa conexão deveu-se ao uso de cabo de bitola inferior ao mínimo do conector.

Considerações:

Com base na análise dos relatórios de ocorrência pode-se concluir que, apesar de estarem

instalados por quatro meses na rede da CERON, o nº de ocorrências recebidas, e os tipos de ocorrência, são suficientes para indicar a não existência de qualquer problema tanto no dispositivo quanto na metodologia de proteção que foi adotada.

Pode-se concluir pela necessidade de se reavaliar os locais de instalação dos dispositivos junto a outros transformadores e outros circuitos que tenham registro de ocorrência de falhas por descargas atmosféricas e/ou sobrecarga.

a) As três não conformidades encontradas durante o período de operação (04 meses) ou seja: quebra do manúbrio; fixação do sensor de temperatura no radiador do transformador e ponto quente no ponto de conexão na entrada do dispositivo de proteção, não caracterizam anormalidade funcional dos dispositivos.

b) Das três anormalidades duas implicam apenas em treinamento do pessoal operacional.

c) Quanto a terceira, fixação do sensor no corpo do transformador, trata-se de uma providência simples implicando apenas na aquisição da fita metálica e sua colocação nos radiadores dos transformadores.

Resultados Obtidos na Aplicação da Nova Metodologia após Etapa de Reprojeto e Redimensionamento do Dispositivo

O período de permanência dos 10 dispositivos nos postes foi de seis meses, desde sua instalação em 01.03 até 31.08.2009. Cada dispositivo foi conectado entre as saídas de 220 Volts de transformador de distribuição e os condutores de baixa tensão da rede da CERON.

Os 10 dispositivos de proteção estiveram instalados em condições normais de operação da rede de distribuição da CERON, sendo submetidos a agressões diversas como: sobretensões, variação de temperatura, chuvas, descargas atmosféricas, sendo utilizado o modelo de Relatório de ocorrências já apresentado no item B – “Segundo Ano do Projeto” para a CERON encaminhar ao CGTI as ocorrências registradas no período, conforme exemplo:

No Relatório de **26.03.2009** encaminhado pela CERON o dispositivo nº 03, instalado junto a

transformador de 75 kVA na ET. Belmont c/ Rua Barra Mansa, foi encontrado com a lâmpada acesa de sobrecarga, indicando desligamento por sobrecarga.

Como resultado da análise concluiu-se que o secundário do transformador foi desligado por ação do dispositivo devido a sobrecarga no transformador que pode ter tido as seguintes causas:

- Desequilíbrio de fase;
- Carga superior a que o transformador suporta.

O dispositivo protegeu o transformador e evitou sua possível queima ou permanência em temperatura acima do aceitável.

D. Quarto Ano do Projeto.

Resultados Obtidos na Análise da Redução de Falhas

O período de permanência dos dispositivos nos postes foi de seis meses, de 01.09.2009 até 28.02.2010. Cada dispositivo foi conectado entre as saídas de 220 Volts de transformador de distribuição e os condutores de baixa tensão da rede da CERON.

Os 10 dispositivos de proteção estiveram instalados em condições normais de operação da rede de distribuição da CERON, sendo submetidos a agressões diversas como: sobretensões, variação de temperatura, chuvas, descargas atmosféricas, sendo utilizado o modelo de Relatório de ocorrências já apresentado no item B – “Segundo Ano do Projeto” para a CERON encaminhar ao CGTI as ocorrências registradas no período, conforme exemplo:

No Relatório de **02.02.2010** dispositivo nº 02, instalado junto a transformador de 75 kVA a Av. Guaporé, entre a Rua Amazonas e Raimundo Cantuária foi encontrado com as lâmpadas L1, L2 e L3 apagadas e L4 acesa indicando desligamento do disjuntor por sobrecarga na rede de B.T.; não foi possível abrir o disjuntor pois o manúbrio estava danificado sendo o transformador ligado diretamente na rede.

Como resultado da análise concluiu-se: A atuação do dispositivo foi correta, evitando a queima do transformador; deverá ser verificado o equilíbrio das cargas que esse transformador alimenta e readequar a carga por fase. Ressaltamos que antes de ligar o dispositivo ou ligar o transformador direto na rede de B.T, se faz necessário localizar e eliminar se possível os defeitos. Recomenda-se treinamento operacional

para abertura e fechamento do disjuntor manualmente, pois estamos notando quebra constante de manúbrio.

Avaliação de Desempenho do Dispositivo de Proteção

Com base na análise dos relatórios de ocorrência recebidos pelo CGTI em todas as Etapas de acompanhamento de campo nas redes de distribuição da CERON onde foram instalados os dispositivos de Proteção a critério da mesma nos pontos de transformação onde foram registradas maior número de defeitos/falhas; pode-se concluir que o nº de ocorrências recebidas, e os tipos de ocorrência, foram suficientes para indicar que não existe qualquer problema tanto no desempenho do dispositivo quanto na metodologia de proteção que foi adotada.

Concluiu-se que nos locais onde foram instalados os dispositivos ocorre o desequilíbrio de fases provocando aquecimento nas conexões (chamuscamento) e aquecimento do transformador disparando a atuação do dispositivo. Ressaltamos a necessidade de verificar nessas redes secundárias o equilíbrio das fases e na medida do possível realizar a adequação das mesmas.

Pode-se concluir pela análise dos tipos de ocorrências relatadas que há uma incidência muito maior de problemas de sobreaquecimento de transformadores, principalmente nos de potência de 45KVA, do que ocorrências de sobre-tensões originadas por descargas atmosféricas diretas ou indiretas e seus efeitos sobre a rede de baixa tensão.

Recomenda-se a necessidade de se reavaliar os locais de instalação dos dispositivos junto a outros transformadores e outros circuitos que tenham registro de ocorrência de falhas por descargas atmosféricas e/ou sobrecarga.

V. Conclusões

Tanto o CGTI como a CERON no decorrer destes quatro anos de convivência puderam adquirir conhecimentos Teórico-Técnicos com a aplicação do Dispositivo de Proteção associado aos transformadores de 45,75 e 112,5 kVA na rede de Distribuição da CERON nos pontos de transformação indicados a critério da CERON como os de maior incidência de Falhas / Defeitos e onde foi possível comprovar em todas as etapas de acompanhamento de campo descritas em relatório a sua eficácia;

Com base nos treinamentos que foram realizados e do material de divulgação entregue a CERON

para o acompanhamento do desempenho do Dispositivo de Proteção instalado em sua rede os resultados tanto para o CGTI como para CERON mostraram-se eficazes em função ao preenchimento e análise dos relatórios de ocorrência recebidos; podendo-se concluir que por estarem instalados por seis meses na rede da CERON em etapas distintas nos anos 2,3 e 4, conforme apresentadas em relatórios, o nº de ocorrências recebidas e os tipos de ocorrência, foram suficientes para indicar que não existe qualquer problema tanto no dispositivo quanto na metodologia de proteção que foi adotada;

Conclui-se que em alguns locais onde foram instalados os dispositivos ocorre o desequilíbrio de fases provocando aquecimento nas conexões (chamuscamento) e aquecimento do transformador disparando a atuação do dispositivo. Ressaltamos a necessidade de verificar nessas redes secundárias o equilíbrio das fases e na medida do possível realizar a adequação das mesmas;

Pode-se concluir pela análise dos tipos de ocorrências relatadas que há uma incidência muito maior de problemas de sobreaquecimento de transformadores, principalmente nos de potência de 45KVA, do que ocorrências de sobre-tensões originadas por descargas atmosféricas diretas ou indiretas e seus efeitos sobre a rede de baixa tensão;

Recomenda-se a necessidade de se reavaliar os locais de instalação dos dispositivos junto a outros transformadores e outros circuitos que tenham registro de ocorrência de falhas por descargas atmosféricas e/ou sobrecarga.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] NAKAGAWA, F. & MAK, J. Análise da Queima de Transformadores de Distribuição, Estudo DEOP-072, Divisão de Engenharia de Operação e Manutenção da Distribuição, CPFL, 1994, 283 p.
- [2] MURATA, S.T. Modelo de Transformador de Distribuição para Estudo de Tensões Transferidas ao Secundário, na Condição sob Carga Quando da Ocorrência de Descargas Atmosféricas Indiretas, Curso (Engenharia Elétrica) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 1997
- [3] SAMESIMA, M. I., OLIVEIRA, J. C. Avaliação e Estimativa da Perda de Vida Em Transformadores Submetidos Às Distorções Harmônicas. Revista Ciência e Engenharia da UFU. Uberlândia - MG, v.1, p. 165/78, 1994
- [4] SOARES, V. L. C., ARAÚJO, F. J. L.

Queima de Fusíveis de Secundários de TPs Indutivos por Transitórios de Manobra de Linha e sua Influência no Desempenho da Proteção. II Seminário Técnico de Produção do GCOI, Recife, 1988

[5] PIANTINI, A., JANISZEWSKI, J. M., BASSI, W., BIAGIONI, P. H. Proteção de transformadores de distribuição face a surtos de origem atmosférica. (IEE-USP/CED 211/STRA002/RL 001/Nov, 1995)

[6] MURATA, S. T., PIANTINI, A., BASSI, W. Modelo de transformadores de distribuição para estudo de tensões transferidas ao secundário, na condição sob carga, quando da ocorrência de surtos atmosféricos. (IEE-USP/CED 283/STRA002/NT 005/Feb, 1998)

[7] PIANTINI, A., MALAGODI, C. V. S. Tensões transferidas à rede secundária, via transformador, devido à ocorrência de descargas atmosféricas próximas à rede primária. 1998.

[8] LOPES, M.P.M. Desenvolvimento de um modelo para a representação de transformadores de distribuição em estudos a respeito de tensões transferidas ao secundário quando da ocorrência de descargas atmosféricas próximas à linha. Curso (Engenharia Elétrica) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 1996

[9] PIANTINI, A., MALAGODI, C. V. S. Sobreensões transferidas ao secundário - características e frequência de ocorrência. III Encontro Nacional de Engenharia de Alta Tensão (III ENEAT), Campina Grande, 2000

[11] QUADROS, C. J., ALEKSEIEVITCH, A., SOUZA, J. P.. Desenvolvimento de Equipamento Automático para Otimização de Desempenho de Transformadores da SE Carazinho 1.. 2001

[12] NOGUEIRA, E. D. B.. Aplicação de Fusíveis Limitadores em Transformadores Abridados.. 1985

[13] FLORES, E. L., PEREIRA, P. S.. Ajuste Computacional Interativo de Dispositivos de Sobrecorrente para Sistemas Elétricos de Potência. 1995

[14] TAVARES, M. C., PISSOLATO FILHO, J., PORTELA, C. M.. Desenvolvimento de Modelos para Estudos de Transitórios Eletromagnéticos e Estudo de Descargas Atmosféricas. 2001

[15] TAVARES, M. C., COURY, D. V., CAMPOS, P. G.. A Power Transformer Model Concerning Electromagnetic Transients. 1999