



CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS PARA DETERMINAÇÃO DE LIMITES DE CARREGAMENTO EM UNIDADES TRANSFORMADORAS

F.A.VIOTTI
ELETROBRÁS
C.A.F.MELLO
CEMIG
J.F.EIDT
ELETROSUL
O.P.BRONDANI
CEEE

R.G.BUSTAMANTE
CESP
A.M.ALMEIDA
CHESF
L.C.GESUALDI JR.
LIGHT

L. R. BEZERRA
FURNAS
A.SILVA
COPEL
J.MAK
CPFL

1. INTRODUÇÃO

A capacidade de transformação instalada nas subestações é dimensionada de forma a atender o mercado consumidor tendo em vista também, o crescimento da demanda ou ainda para atender o carregamento imposto pelos sistemas de transmissão interligados. Entretanto, em dadas ocasiões, as unidades transformadoras poderão ser solicitadas a operar acima de seus valores nominais como consequência de uma contingência no sistema ou pelo atraso de alguma obra de ampliação de capacidade instalada.

A aplicação de carga em unidades transformadoras não pode, contudo ser feita de forma indiscriminada sob pena de redução de expectativa de vida útil em primeira instância ou até de uma possível falha se determinadas condições ocorrerem. Este trabalho, síntese do desenvolvido no âmbito de GTEE, apresenta os critérios e procedimentos a serem adotados pelas empresas do GCOI para a determinação dos limites de carregamento de unidades transformadoras querem em situações de emergência, aproveitando melhor os recursos despendidos na capacidade de transformação.

Os critérios e procedimentos aqui apresentados se aplicam as unidades transformadoras de potência imersos em líquido isolante, de todas as classes de tensão e potência, com dois ou mais enrolamentos e elevação média de temperatura dos enrolamentos em relação a do ambiente não superior a 55°C e 65°C e são baseados tanto no envelhecimento do isolamento como em limitações de temperatura.

Foram consideradas as unidades transformadoras com sistema de refrigeração em condições normais e cujo estado do óleo isolante, enrolamentos e acessórios são considerados satisfatórios.

2. CONCEITOS BÁSICOS

2.1 Vida Útil

A vida útil de uma unidade transformadora é o tempo decorrido até que a resistência à força de tração mecânica do papel utilizado como isolamento esteja reduzido a 50% do valor original para o equipamento novo. Considerando-se com vida útil normal de uma unidade transformadora o período de 30 anos que é, efetivamente, o valor de vida contábil adotado para efeito de depreciação do equipamento e remuneração tarifária.

2.2 Potência Nominal

A potência nominal é o valor da potência aparente que uma unidade transformadora é projetada para transferir continuamente sem que a elevação da temperatura média do enrolamento exceda os valores prescritos (55°C ou 65°C) em um meio ambiente de temperaturas média e máxima de 30°C e 40°C, respectivamente. Portanto, é o valor estipulado para representar a performance térmica da unidade transformadora, em condições padronizadas, enquanto novo, e não é o fator determinante quanto a sua capacidade de suportar cargas e nem se relaciona com sua expectativa de vida útil.

2.3 Carregamento em condições Normais de Operação

É o tipo de carregamento que não implica em violação das temperaturas máximas do topo do óleo e do ponto mais quente do enrolamento permitida na NBR 5356. A operação das unidades transformadoras é considerada livre de riscos.

2.4 Carregamento Planejado Acima das Condições Normais

Trata-se da situação onde as considerações técnicas x econômicas indicam de ponta anual, um carregamento em condições normais de operação que provoque temperaturas de ponto mais quente e do topo do óleo superior às permitidas na NBR5356 para o carregamento nominal.

Neste caso existe risco devido à operação em temperaturas mais elevadas o que exige que a duração e frequência sejam limitadas.

Esta modalidade de carregamento, que é uma extensão do carregamento em condições normais de operação se aplica, por exemplo, a casos de SE's litorâneas com forte sazonalidade anual e retiradas programadas de alguns componentes do sistema para manutenção.

2.5 Carregamento de Emergência de Longa Duração

Trata-se do carregamento imposto às unidades transformadoras na contingência da saída de serviço prolongado de algum componente estratégico do sistema.

Por ser esta modalidade de carregamento característica de uma situação onde todos os recursos operativos foram esgotados e a única medida para reduzi-lo seria uma restrição à demanda, são aceitos limites de temperatura superiores para o carregamento planejado acima das condições normais.

Este é um tipo raro de carregamento, porém quando aplicado, a sua duração é relativamente longa. Uma vez ocorrida à contingência, o carregamento poderá se repetir periodicamente, por algumas horas do ciclo de carga diário até a substituição ou reparo do elemento defeituoso.

2.6 Carregamento de Emergência de Curta Duração

A baixa probabilidade de ocorrência de condições de emergência que interrompem o funcionamento normal de um ou mais componentes, pode tornar atrativo carregar os transformadores, por curto intervalo de tempo, até que medidas operativas sejam tomadas para conduzir o carregamento das unidades afetadas até os limites do carregamento de longa duração.

O aumento do risco de danificação da unidade transformadora pode ser a preferível dentre alternativas disponíveis.

Deve ser enfatizado que a maior preocupação neste tipo de carregamento é com a confiabilidade do equipamento, em particular sob aspectos térmicos, não sendo preocupante o envelhecimento do isolamento.

2.7 Carregamento Máximo

Para unidades transformadoras com potência nominal superior a 100MVA trifásicos, o carregamento máximo admissível está limitado a 150% de sua corrente nominal.

Para as demais unidades poderá ser permitido um limite de carregamento de até 200% de sua corrente nominal.

3. CRITÉRIOS DE CARREGAMENTO

Limites de Carregamento para os Estudos de Planejamento da Operação.

Serão admitidos carregamentos em intensidade e duração que não provoquem redução da expectativa de vida útil normal, nem violações das temperaturas limites abaixo indicadas:

Tipo de Carregamento	Temp. do Topo do óleo		Temp. do Ponto Mais quente do Enrolamento		Duração
	Unidade 55°C	Unidade 65°C	Unidade 55°C	Unidade 65°C	
Condições normais de operação	95°C	105°C	105°C	120°C	-
Planejado	95°C a 100°C	105°C a 110°C	105°C a 110°C	120°C a 125°C	4 horas
Emergência de Longa Duração	95°C a 100°C	105°C a 110°C	105°C a 115°C	120°C a 130°C	4 horas
Emergência de Curta Duração	95°C a 100°C	105°C a 110°C	115°C a 120°C	130°C a 140°C	30 minutos

4. PROTEÇÃO DE SOBRECARGA

Todos os esforços empreendidos na busca de critérios e procedimentos que permitam uma utilização otimizada das unidades transformadoras, serão inócuos de não forem revistos os critérios de ajuste e calibração da imagem térmica e do termômetro do topo do óleo. Este tópico do trabalho define os valores para ajuste e atuação desta proteção.

4.1 Imagem Térmica

(termômetros com 4 contatos)

Temperatura do ponto mais Quente do Enrolamento (PMQE)	Classe de Temperatura	
	55°C	65°C
Partida do 1º estágio de resfriamento	60°C	70°C
Partida do 2º estágio de resfriamento	70°C	80°C
Alarme de advertência	105°C	120°C
Desligamento ou alarme de urgência	120°C	140°C

4.2 Temperatura do óleo

(termômetro com 2 contatos)

Temperatura do Topo do Óleo	Classe de Temperatura	
	55°C	65°C
Alarme	85°C	95°C
Desligamento (Temporizado se desejado)	100°C	110°C

4.3 Temperatura de sobre corrente

De acordo com os critérios estabelecidos neste trabalho, caso os estudos detectarem a possibilidade de carregamentos superiores a 150%, em condições de emergência para unidades transformadoras com potência superior a 100MVA trifásicos, é recomendado à instalação de uma proteção de sobre corrente, a fim de aliviar carga ou retirá-la automaticamente de operação.

Este esquema consta basicamente de um relé detector de corrente ajustado em 150% da corrente nominal e de um temporizador ajustado em até 20 segundos.

4 OPERAÇÃO EM TEMPO REAL

Por maiores que sejam os esforços empreendidos no sentido de simular condições realistas para os estudos de planejamento da operação, as condições reais de operação serão certamente diferentes daquelas estimadas.

Por isso, é conveniente que as decisões sobre carregamentos na operação em tempo real, embora subsidiadas pelos estudos que consideram o perfil de carga e temperatura ambiente da subestação e as características térmicas do transformador, sejam também submetidas às indicações dos termômetros do óleo e dos enrolamentos (imagens térmicas).

Atualmente, visando otimizar a utilização dos transformadores, mas ao mesmo tempo, preservar sua integridade, o monitoramento, a proteção e controle no que se referem a carregamento, são feitos na maioria das concessionárias, através dos amperímetros e dos indicadores de temperatura.

A experiência tem mostrado, entretanto, que tais funções têm sido executadas de forma deficiente, o que impede que se conheçam as condições reais de operação dos equipamentos e conseqüentemente dificulta a utilização plena e segura dos transformadores, principalmente aquelas de grande porte.

Atentas ao problema, algumas concessionárias já empreendem esforços para utilização de sistemas digitais destinados a tal fim. A CEMIG, por exemplo, especificou e está em fase de aquisição de um sistema que, através de tecnologia digital a micro processadores, supervisionará o carregamento dos transformadores de EAT.

Esse sistema será composto por unidades de supervisão, uma para cada transformador, interligadas a uma unidade central de processamento.

O sistema será responsável pelas funções de monitoramento do carregamento e das temperaturas do óleo e dos enrolamentos, controle dos equipamentos de refrigeração, proteção contra sobrecarga e sobre temperatura e supervisão da atuação das proteções próprias do transformador (relés de gás, válvula de segurança e nível de óleo). Em uma fase futura, poderá englobar a coleta de dados referentes a curtos-circuitos passantes através dos enrolamentos (intensidade e duração), concentração de gases no óleo isolante, nível de descargas parciais, etc.

As unidades de supervisão farão à verificação contínua dos valores das correntes e da temperatura do óleo e o cálculo das temperaturas dos enrolamentos e, em função de parâmetros previamente estabelecidos, para a operação em condição normal e em emergência, emitirão sinais de alarme (vários níveis) e desligamentos, que poderão ser temporizados.

Tais unidades supervisionarão, também, o estado dos equipamentos de refrigeração. Bem como emitirão os sinais de partida e parada dos estágios de refrigeração, em função de valores de temperatura definidos.

Os dados relativos às correntes e temperaturas, bem como os sinais de alarme gerados pelas unidades de supervisão serão transferidos para a unidade central de processamento, que fará também a aquisição de dados de temperatura ambiente com vistas às seguintes aplicações:

- apresentação em terminal de vídeo.
- geração de gráficos e relatórios diários da operação.
- cálculo de carregamento admissível, sob determinadas condições.

- relatório diário de eventos.
- cálculo de perda de vida.
- cálculo de perda de vida.
- análise de tendências.

5 PROCEDIMENTOS PARA DETERMINAÇÃO DO CARREGAMENTO ADMISSÍVEL

Anteriormente, os estudos para determinação de carregamento em unidades transformadoras eram feitos baseados na sua operação no período de ponta anual de carga da SE, considerando a restrição de que o envelhecimento (ou consumo de vida) no período simulado (24 horas) ficasse no máximo idêntico aquele que se verificaria com a unidade transformadora operando no mesmo período, com carga nominal e condições ambientais padronizadas. Tal consumo de vida, definido como "consumo nominal" se repetido indefinidamente levaria o equipamento a apresentar uma durabilidade equivalente a vida útil de cerca de 7,42 anos. Devido a essência deste método determinístico, para se ter confiança nos resultados obtidos, tinha-se forçosamente que escolher as piores condições operativas com respeito a carga. Desta forma não se computava o benefício do carregamento menos intenso nos demais dias do ano e não se permitiria meios de obtenção da política ótima de operação que resultasse em uma vida útil normal de 30 anos.

Posto que o envelhecimento da isolação sólida de unidades transformadoras é um fenômeno de características cumulativa dentro de certos limites, e tendo consciência de explorar ao máximo as possibilidades operativas do sistema e conseqüentemente seus componentes, para fazer frente as restrições orçamentárias em vigor, definiu-se como diretrizes básica da metodologia de simulação quantificar e monitorar o envelhecimento da isolação em base anual. Em outras palavras, ao se contabilizar o envelhecimento nesta base de tempo permiti-se a compensação do envelhecimento intenso em horários e/ou dias de carregamento e temperaturas elevadas, com o envelhecimento menos acelerado dos horários e/ou dias de carregamento e temperatura ambiente reduzidos.

Adicionalmente, no sentido de atenuar ainda mais o grau de conservadorismo das avaliações, definiu-se que os carregamentos em situação de emergência deveriam ter os respectivos envelhecimentos ponderados pelas freqüências esperadas de ocorrência, de forma a manter a expectativa de vida útil de 30 anos.

Nos estudos de planejamento da operação devem ser usados os limites de carregamento obtidos através de simulação digital como se segue:

6.1 Carregamento em Condições Normais de Operação

Para simular um ano de operação em condições normal ajusta-se a ponta de carga até o valor máximo da potência nominal, determinando-se 12 amostragens mensais. A simulação mensal é obtida por simples ponderação adequada de simulações semanais compostas pela análise de um dia útil, de um sábado e de um domingo. A simulação de um dia útil deve ser iniciada assumindo-se temperaturas iniciais para o topo do óleo e enrolamento à o horas, prosseguindo-se com o cálculo até se obter as

temperaturas correspondentes às 24 horas. Assumindo-se que estamos simulando-se de o horas e 24 horas devem coincidir.

6.2 Carregamento Planejado Acima das Condições Normais

Esta modalidade de carregamento pode ser aplicada no dimensionamento da transformação de SE's de suprimento quando não se vislumbrar um envelhecimento adicional em qualquer dos anos do período de simulação devendo-se prever um reforço na capacidade instalada sempre que houver perspectiva de envelhecimento precoce.

Este procedimento é conservativo na medida em que não se admite em nenhum ano de operação um envelhecimento anual superior aquele que se repetido todos os anos resultaria em uma vida útil de 30 anos, ainda que face à evolução da carga ao longo do tempo (crescimento do mercado atendido) se pudesse desfrutar em alguns anos de um envelhecimento menos acelerado.

Devida a elevada imprecisão na definição de intercâmbios entre sistemas, que são afetados por política de despacho e condições hidrológicas, não se recomenda considerar carregamento planejado para unidades transformadoras de interligação.

A análise da condição de carregamento planejado pode ser feita de modo idêntico do efetuado para o caso de condição normal, porém, nesse caso, a relação entre a ponta anual e a potência nominal poderá ser superior a unidade.

6.3 Carregamento de Emergência de Longa Duração

Os procedimentos indicados neste item conduzem a determinação de limites conservativos, posto que não considere a evolução do carregamento ao longo do tempo, simulando-se somente o ano correspondente ao maior carregamento da SE no estágio evolutivo correspondente a etapa que antecede os reforços ditados pela condição normal de operação.

O estudo de envelhecimento do isolamento e de aquecimento deve ser desenvolvido em três etapas, a saber:

- na primeira etapa, o envelhecimento anual é determinado para a condição normal de operação.

-na segunda etapa, simula-se a operação anual contemplando uma contingência de linhas de transmissão concentrada no horário de demanda máxima do ano.

-na terceira etapa, simula-se a operação anual contemplando uma contingência em unidades transformadoras paralela, centrada no horário de demanda máxima do ano.

As frequências de ocorrências das diversas contingências para efeito de cálculo de envelhecimento podem ser somados, pois considera-se que toda emergência solicita o equipamento na mesma ordem de grandeza.

Assim, de posse dos três envelhecimentos anuais obtidos em cada uma das etapas para um valor pré-estipulado de carregamento, a hipótese de manutenção da expectativa impõe que:

$$\frac{(30 - F_{LT}) * EA_{CN} + F_{LT} * EA_{LT} + (30 - F_{TR}) * EA_{TR}}{30} \leq 3,3\%/\text{ano}$$

Onde:

F_{LT} = frequência de ocorrências, em 30 anos de contingências de longa duração, envolvendo linhas de transmissão;

F_{TR} = frequência de ocorrências, em 30 anos, de contingências de longa duração, envolvendo unidades transformadoras;

EA_{CN} = envelhecimento anual obtida para a operação em condição normal;

EA_{LT} = envelhecimento anual considerando a ocorrência de uma contingência de linha de transmissão, de longa duração (%);

EA_{TR} = envelhecimento anual considerando a ocorrência de uma contingência de unidade transformadora, de longa duração (%).

O procedimento deve ser repetido iterativamente até que a igualdade se verifique ao menos em primeira aproximação. O valor determinado é o limite procurado desde que não haja violação das restrições térmicas.

6.4 Carregamento de Emergência de Curta Duração

Os limites de carregamento de curta duração são ditados basicamente por restrições de temperaturas máximas, visto que o envelhecimento do isolamento é pouco significativo.

Evidentemente que a utilização de limites de carregamento de curta-duração para dimensionamento da Transformação de uma SE deve estar vinculada a uma análise de medidas corretivas previsíveis de planejamento da operação, com o concurso das quais se consiga reduzi-lo aos limites de longa duração no período de tempo estipulado para modalidade de carregamento em título.

Para cada ano que se pretende analisar, deve ser simulada uma emergência de curta-duração no horário de ponta anual e, eventualmente, algum outro período ao longo do ano onde o efeito da temperatura ambiente se mostre prevalecendo o limite mais restritivo.

O máximo valor de carregamento não deve violar os limites de temperatura do ponto mais quente dos enrolamentos, para simulações de 30 minutos correspondentes normalmente, ao tempo máximo necessário para que medidas operativas bem definidas sejam tomadas, a fim de reduzir o carregamento.

6.5 Metodologia para Elaboração de Estudos de Operação

Quanto à aplicação dos critérios nos estudos de planejamento da operação, os seguintes pontos devem ser considerados:

6.5.1 Estudos Trianuais

- Em condições normais de operação, o limite máximo de carregamento deverá ser o valor nominal da unidade transformadora.

-Para condições de emergência, no caso de contingências em linhas de transmissão, deverá ser analisado apenas o período de ponta do ano em estudo. Para perdas de unidades transformadoras operando em paralelo o tempo de substituição ou reparo da unidade ficará na dependência da condição específica da SE que está sendo analisada dispor ou não de unidade reserva.

Os carregamentos para situações de emergência serão adotados, uma vez esgotados os recursos operativos disponíveis no sistema.

Verificando-se níveis de carregamento que superem os valores máximos calculados, as medidas a serem recomendadas nesses estudos compreendem: remanejamento de unidades transformadoras existentes ou aumento da capacidade instalada através de antecipação de obras. Como referência deve ser avaliado também o montante de corte de carga, de modo a manter os carregamentos dentro dos níveis estabelecidos nos critérios.

6.5.2 Estudos Anuais

- Em condições normais de operação, uma vez esgotados os recursos operativos disponíveis, serão admitidos carregamentos em intensidade e duração que não provoquem redução da expectativa de vida útil normal e nem violações das temperaturas limites indicadas para esta condição de operação.

-Em condições de ocorrência, os procedimentos são idênticos aos estudos tri- anuais com a diferença que no caso de serem detectadas situações que ultrapassem os limites, as medidas a serem recomendadas resumem-se aos recursos operativos.

6.5.3 Estudos Trimestrais

- Os estudos trimestrais devem detalhar as recomendações ditadas pelos estudos anuais.

6 PROGRAMA DIGITAL PARA DETERMINAÇÃO DE LIMITES DE CARREGAMENTO

A fim de viabilizar e operacionalizar a aplicação dos critérios definidos neste trabalho foi necessário o desenvolvimento de um programa digital cujas características básicas estão mostradas a seguir:

6.3 Estrutura Básica

O programa foi estruturado de modo a permitir a avaliação de carregamentos máximos admissíveis em unidades transformadoras em função dos limites de envelhecimento máximo estipulados, e de temperaturas máximas do topo do óleo e do enrolamento associados a uma duração, partindo da corrente máxima permissível, sob

um enfoque anual, permitindo a obtenção dos diversos tipos de carregamento que foram detalhados no item 6 deste trabalho.

Assim partindo da corrente máxima permissível, são efetuados ajustes no carregamento anual de tal forma que não haja violação nos limites de temperatura – duração e envelhecimento para os diversos tipos de carregamento definidos.

6.4 Dados Básicos de Entrada

Os dados necessários são aqueles que possibilitam a utilização das equações básicas para modelagem e podem ser divididas em três grupos básicos:

- dados de ensaio e construtivos da unidade transformadora
- dados de temperatura ambiente
- dados de carga

6.5 Relatórios de Saída

O programa dispõe de relatórios completos ou reduzidos, que apresentam os valores encontrados para o carregamento para as temperaturas do ponto mais quente do enrolamento e do topo do óleo e para o envelhecimento associado, de tal forma a permitir uma análise eficaz da simulação.

7 ACOMPANHAMENTO DE UNIDADES TRANSFORMADORAS

A necessidade de um acompanhamento das unidades transformadoras se faz necessário mediante a premissa de que as temperaturas aqui liberadas consideram os equipamentos como sendo sadios e sob uma boa embasada vigilância da manutenção.

A finalidade deste item é apontar o mínimo que deve compor uma base de dados, no sentido de subsidiar a operação na determinação do carregamento admissível, bem como na revisão dos valores em tempo real.

Sabendo que os organogramas introduzem características próprias em cada concessionária, não podemos em um trabalho abrangente estabelecer como implantar a gerência destes dados, mas, lembramos que deve ser o mais próximo possível da sua fonte, já que grande parte destes dados é mutável com extrema rapidez, como veremos a diante.

A base de dados referenciada é composta basicamente pelos dados dos equipamentos associados à unidade transformadora, pelos dados fixos, pelos dados de manutenção e pelos dados operativos, que entram no processo de acompanhamento.

8.1 Dados de Equipamentos Associados

Considera-se equipamento associado, o equipamento que estiver no circuito da unidade transformadora em estudo, portanto um equipamento que pode mediante suas características térmicas ser fator limitante da carga liberada para referida unidade.

Devem ser estudados e estabelecidos bancos de dados com as correntes nominais, limites térmicos, fatores de sobrecarga para curta e longa duração dos seguintes equipamentos:

Acabos/barramentos/reatores/disjuntores/seccionadoras/TC's/reguladores de Tensão etc.

8.2 Dados de Unidades Transformadoras

São os dados fixos do transformador, composto pelos dados dos acessórios, ensaios de fábrica e dados construtivos.

8.3 Dados de Manutenção

a) Análise Físico-Química do Óleo Isolante

A evolução dos valores de rigidez dielétrica, acidez, tensão interfacial, quantidade de água e fator de potência deve ser acompanhada em uma periodicidade especial e reduzida para unidades transformadoras com carregamento acima da capacidade nominal, tanto para carregamento em condições normais de operação como para planejada acima das condições normais, devendo ser efetuada também após cada carregamento de emergência, tanto de curta como de longa duração.

Valores considerados insatisfatórios pela manutenção, questionarão as cargas acima da nominal até que seja feito o tratamento e/ou condicionamento do óleo isolante, retornando estes valores a níveis satisfatórios.

b) Análise Cromatográfica dos Gases Dissolvidos em Óleo Isolante

Os resultados de análise cromatográficas indicando suspeita de defeito e/ou a alta concentração de gases combustíveis podem restringir a aplicação de cargas acima da nominal por elevarem substancialmente os riscos em operação com temperaturas mais altas. A periodicidade da análise cromatográfica deve ser reduzida em relação a normal, para unidades transformadoras com carregamento acima da nominal e em condições normais de operação, e realizada após cada carregamento planejado acima das condições normais e a cada carregamento de emergência de curta e longa duração.

c) Deteção de Pontos Quentes por Termovisão

Para carregamentos acima da potência nominal periodicidades especiais para o serviço de termovisão devem ser estabelecidos, afim de eliminar com antecedência pontos de sobre aquecimento tanto nas unidades transformadoras como nos equipamentos associados.

d) Ensaio de Medição de Isolamento

A evolução dos valores de isolamento da unidade transformadora deve subsidiar a determinação do carregamento admissível, uma vez que em ambos se trabalha com extrapolação para um período próximo.

Devem ser referidos a uma mesma temperatura de preferência ao valor limite das condições normais de operação, sendo que um valor insatisfatório pode restringir a possibilidade de carregamento acima da potência nominal. Para liberar esta condição deve ser efetuada uma secagem do enrolamento.

8.4 Histórico da Unidade Transformadora

a) Histórico da Manutenção:

Cadastro de informações sobre serviços efetuados no equipamento e ocorrências cuja influência altera o cálculo final do desgaste ou a confiabilidade da unidade transformadora:

- presença de umidade no óleo
- tratamento do óleo
- secagem do enrolamento
- recondicionamento
- registro de falhas
- registro de defeitos
- reconstrução parcial ou total
- reaperto do núcleo e enrolamentos
- concentração de oxigênio no óleo.

b) Histórico Operativo:

Devem compor o banco de dados operativos informações próprias do bay instalado a unidade transformadora e que mantém uma ordem cronológica entre si:

- controle e acompanhamento das temperaturas de operação da unidade transformadora (óleo e enrolamento);
- acompanhamento das temperaturas máximas mensais;
- ciclos de carga diários típicos sazonais;
- ciclos de carga diários de unidades que possam vir a remanejar cargas entre si;
 - desligamento prolongado;
 - ocorrência de curtos-circuitos;
 - ocorrência de sobre excitação;
 - problemas com estágios de resfriamento.

O histórico operativo será registrado em planilhas específicas que sintetizam o acompanhamento das condições operacionais impostas às unidades transformadoras submetidas a carregamento acima do nominal de placa.

- A 1ª planilha tem como objetivo a obtenção de um resumo de valores máximos e situações vividas pelas unidades transformadoras
- A 2ª planilha registra os ciclos de carga e temperatura podendo ser classificado de acordo com sua duração e período.

Vale ressaltar a importância de tais registros para a orientação das pesquisas futuras sobre a prática de carregamento nas unidades transformadoras brasileiras e na revisão dos critérios atualmente adotados.

9. CONCLUSÕES

- a) A utilização desta nova metodologia traduzirá num melhor aproveitamento de recursos dispendidos na capacidade de transformação.
- b) Os critérios devem possuir uma característica dinâmica, isto é, deverão ser reavaliados sempre que avanços tecnológicos assim o justificarem.
- c) Informações complementares como aspectos de projeto e construtivas limitações impostas pelo fabricante, histórico das unidades e condições operativas poderão impor restrições adicionais destes critérios.
- d) Os valores de temperatura e duração para cada tipo de carregamento foram selecionados de forma a conseguir um nível de risco aceitável considerando as circunstâncias especiais que requerem um carregamento acima dos valores nominais.
- e) Os valores de ajuste das proteções devem ser compatíveis com a filosofia e os limites de carregamento definidos neste trabalho.
- f) É importante o levantamento da temperatura ambiente nas subestações do sistema visto a sua utilização na determinação na capacidade de carga das unidades transformadoras.
- g) As empresas estão empreendendo um esforço no sentido do desenvolvimento e posterior utilização de simuladores para monitoramento e acompanhamento em tempo real do carregamento de unidades transformadoras.
- h) Os limites de temperaturas e carregamentos aqui liberados consideram os equipamentos em condições satisfatórias e submetidas a um adequado acompanhamento da manutenção.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Critérios e Procedimentos para a Determinação de Limites de Carregamento em Unidades Transformadoras – Relatório – GCOI/SCEL/CTEE -02/86.