



**SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GSE 13
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO VII

GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS – GSE

SUPERAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO: CRITÉRIOS DE ANÁLISE E PROCESSO DE INDICAÇÕES DE SUBSTITUIÇÕES NA REDE BÁSICA E DEMAIS INSTALAÇÕES DA TRANSMISSÃO

Antonio Carlos Carvalho^(*) Daniel Sinder Mauro Muniz Andréia M. Monteiro Benedito A. Silva
OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO - ONS

RESUMO

A rápida evolução do sistema interligado nacional (SIN), particularmente após a reforma do arcabouço institucional entre 1995 e 1997, vem causando um substancial crescimento das solicitações elétricas sobre os equipamentos das instalações existentes. Diante de tal constatação, o ONS e os agentes de transmissão criaram o Grupo de Trabalho para Análise da Superação de Equipamentos de Alta Tensão (GT-AS) com o objetivo de analisar a superação de equipamentos das subestações da Rede Básica (RB) e das Demais Instalações da Transmissão (DITs) de forma equânime e padronizada.

O presente artigo apresenta os critérios de análise acordados pelo GT-AS, que englobam a análise de superação por curto-circuito, por corrente nominal, por constante de tempo da rede, por corrente de pico assimétrica e por tensão de restabelecimento transitória (TRT). É também relatada a experiência adquirida na implantação do processo de análise de superação, assim como o resumo dos resultados obtidos no primeiro ciclo de análise da superação.

PALAVRAS-CHAVE

Superação, Equipamento, Curto circuito, Planejamento

1 - INTRODUÇÃO

As redes de transmissão são planejadas e especificadas visando a expansão de longo prazo do sistema elétrico. O horizonte geralmente coberto é da ordem de 10 a 30 anos, de forma que os equipamentos de uma nova instalação possam operar durante um tempo compatível com sua vida útil, sem que haja superação de suas capacidades nominais devido à prognosticada expansão do sistema elétrico.

A superação de equipamentos de alta e extra alta tensão se deve a duas principais razões, a saber:

- quando a idade das instalações se aproxima do horizonte para o qual foram planejadas e especificadas;
- quando a expansão da rede, do consumo ou da geração se realiza além do previsto.

No caso do SIN, a grande incidência de superação de equipamentos de alta e extra alta tensão verificada nos últimos anos se deve às duas razões mencionadas. As redes de transmissão a longas distâncias iniciaram sua consolidação nas décadas de 70 e 80. Logo, hoje parte dela já se aproxima de seu horizonte de planejamento. Além disto, as mudanças na legislação do setor elétrico visando, entre outras, maior competitividade no setor de geração, têm como consequência a viabilização em prazos relativamente curtos, de 3 a 5 anos, de empreendimentos de geração em pontos da rede nem sempre cobertos pelo planejamento de longo prazo. Como consequência, ocorre a pronunciada elevação dos níveis de curto-circuito, ocasionando elevada incidência de superação de equipamentos na rede básica e fora dela.

Atualmente, a substituição de equipamentos superados da RB e das Demais Instalações da Transmissão (DIT) é regulada pela ANEEL através da Resolução Normativa n° 158, de 23 de maio de 2005, alterada pela Resolução n°

(*) Rua da Quitanda, 196 – 19° andar – CEP 20091-005, Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Tel: (+55 21) 2203-9607 – Fax: (+55 21) 2203-9463 – Email: antonio.carlos@ons.org.br

242, de 7 de dezembro de 2006. De acordo com estas resoluções, cabe ao ONS a indicação final da substituição de equipamentos superados dos módulos de manobra da RB e das DITs, que englobam disjuntores, seccionadores, transformadores de corrente e bobinas de bloqueio.

Visando uniformizar os critérios para os estudos de análise de superação entre os Agentes e o ONS, assim como assegurar a equidade dos critérios de indicação de substituições apontadas pelo ONS, foi criado em 2004 o Grupo de Trabalho para Análise da Superação de Equipamentos de Alta Tensão (GT-AS). Este grupo, integrado aos processos do Plano de Ampliações e Reforços (PAR) do ONS, é formado por Agentes de Transmissão, Distribuição e pelo ONS. Seu objetivo é levar a termo, de forma cooperativa, as análises e indicações de superação de equipamentos das subestações da RB e das DITs. Num primeiro momento, o GT-AS se ocupou do estabelecimento de critérios, metodologias e processos para as análises de superação, consolidadas em diversos documentos emitidos pelo grupo (1, 2, 3, 4, 5). Em 2006, o GT-AS realizou o primeiro ciclo de análise de superação de equipamentos de alta tensão (AT).

No presente trabalho são sumarizados os critérios e processos acordados pelo GT-AS para a análise da superação dos equipamentos que compõem os módulos de manobra. Os resultados globais do primeiro ciclo de superação 2007-2009 indicaram substituições que foram autorizadas pela ANEEL através da Resolução Autorizativa nº 758, de 7 de dezembro de 2006, as quais são apresentadas neste trabalho, juntamente com o balanço crítico deste ciclo. Adicionalmente, são relatadas as principais constatações do *Workshop* realizado no ONS em outubro de 2006 sobre o tema “repotenciação de disjuntores de AT”, visando contribuir para o esclarecimento das potencialidades e limitações deste tipo de medida, que visa evitar a troca de disjuntores superados.

2 - CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DE SUPERAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE AT

Os critérios acordados entre os Agentes e o ONS para as análises de superação de disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores de corrente e bobinas de bloqueio estão descritos em detalhes nas referências (1, 2, 3, 4, 5). A matriz de aplicabilidade dos critérios adotados para os tipos de equipamentos sob análise encontra-se na tabela 1.

Tabela 1 – Critérios utilizados para análise de superação de equipamentos de alta tensão

Critério		Disjuntor	Seccionador	TC	Bob. de bloqueio
1	Corrente de curto-circuito nominal	X	X	X	X
2	Crista da corrente de curto-circuito	X	X	X	X
3	Corrente nominal	X	X	X	X
4	Constante de tempo (X/R)	X		X	
5	TRT	X			

2.1 Generalidades sobre a análise de superação

A análise de superação de equipamentos de AT é feita por meio da comparação das características nominais dos equipamentos com as solicitações de rede a elas relacionadas, conforme abaixo discriminado:

1. corrente de curto-circuito nominal **X** corrente de curto-circuito passante no equipamento, obtida por programa de cálculo de curto-circuito;
2. valor de crista da corrente suportável **X** máxima crista da corrente de curto-circuito passante pelo equipamento;
3. corrente nominal do equipamento **X** carregamento máximo que o equipamento é submetido na rede.

Somente para disjuntores e TCs:

4. constante de tempo (X/R) especificada para o disjuntor **X** constante de tempo determinada para a barra da rede à qual o disjuntor está conectado. Para TC's análises mais completas de saturação do núcleo devido a assimetria de corrente devem ser realizadas (3).

Somente para disjuntores:

5. TRT especificada para o disjuntor **X** TRT determinada para a condição de falta terminal trifásica não aterrada para o disjuntor analisado

Cada um dos critérios adotados é a seguir detalhado.

2.2 Critério de superação por corrente de curto-circuito simétrica

O documento denominado “Relatório de Curto-Circuito”, emitido anualmente pelo ONS (6), é elaborado com a participação dos Agentes e abrange o horizonte de três anos à frente do ano de execução das análises. Esse

documento é utilizado como base para identificação de superação de equipamentos por corrente de curto-circuito simétrico. Os critérios, metodologia e processos para a elaboração do relatório de curto-circuito são descritos em (7). A base de dados para as análises de curto-circuito é aquela disponibilizada pelo ONS no horizonte do PAR.

Tal análise consiste na verificação das capacidades nominais de curto-circuito (corrente simétrica) dos equipamentos. Essa verificação é efetuada pela comparação do nível de curto-circuito no barramento da subestação onde o equipamento se encontra instalado, tanto para falta terminal monofásica quanto trifásica, com o menor valor da capacidade de interrupção simétrica dos disjuntores do barramento. Quando o nível de curto-circuito na barra atinge 100% do valor nominal do disjuntor de menor capacidade, um estudo mais detalhado, denominado *line-out*, é realizado. O estudo de *line-out* visa identificar a corrente de curto-circuito que efetivamente circula pelo disjuntor e demais equipamentos pertencentes ao módulo de manobra no momento da falta. Para disjuntores, a característica nominal que está sendo avaliada é a capacidade nominal de interrupção simétrica. Para os demais equipamentos do mesmo módulo de manobra, isto é, seccionadoras, TCs e bobinas de bloqueio, a corrente de curto-circuito passante (I_{CC}) deve ser comparada com a corrente nominal de curto-circuito do equipamento (I_{CCN}).

Caso essa relação seja maior ou igual a 100%, o equipamento correspondente será considerado superado por corrente simétrica de curto-circuito. Entretanto, se essa relação estiver entre 90% e 100%, o equipamento será considerado em estado de alerta.

Resumindo, o equipamento será considerado superado por corrente de curto-circuito simétrica se:

$$\text{Corrente de curto-circuito simétrica passante } (I_{CC}) > \text{Valor nominal da corrente de curto circuito } (I_{CCN}) \quad (\text{eq. 1})$$

Cabe observar que o relatório de curto-circuito (6) adota a premissa de 100% de despacho da geração e rede completa, o que constitui uma premissa conservadora. Desta forma, o critério determinístico de considerar a superação dos equipamentos apenas quando atingem 100% de sua característica nominal de curto-circuito possui intrinsecamente uma margem de segurança não declarada explicitamente. Investigação em andamento (8) estuda a possibilidade de refinamento deste critério, através de tratamento estatístico do despacho dos geradores da rede, o que permitiria a avaliação de um indicador de risco para a superação por corrente de curto-circuito simétrica.

2.3 Critério de superação pela crista da corrente de curto-circuito

De posse do valor da corrente de curto-circuito simétrica passante no equipamento, é necessário avaliar o valor de crista da corrente de curto-circuito passante, também denominada corrente dinâmica, para compará-la com o valor nominal da crista da corrente de curto-circuito.

A crista da corrente de curto-circuito pode ser determinada em função da corrente de curto-circuito simétrica e da constante de tempo, obtidas nos estudos de curto circuito, através da fórmula:

$$I_p = I_{cc} \cdot \sqrt{2} \cdot \left(1 + e^{-t_p / \tau}\right) \quad (\text{eq. 2})$$

I_p : valor de crista da corrente de curto-circuito

I_{CC} : valor eficaz da corrente de curto-circuito

t_p : tempo de crista da corrente de curto-circuito (8,33 ms para 60 Hz ou 10 ms para 50 Hz)

τ : valor da constante de tempo calculada para a barra (L/R)

O equipamento será considerado superado pela crista da corrente de curto-circuito se:

$$I_p > \text{valor de crista da corrente suportável} \quad (\text{eq. 3})$$

2.4 Critério de superação por corrente nominal

A corrente nominal (I_n) dos equipamentos avaliados deve ser comparada com a máxima corrente dos circuitos nos quais eles estão conectados. Todas as condições operativas da rede, incluindo contingências da rede e cenários de carga e de geração adotadas no PAR devem ser considerados nesta análise. O equipamento é considerado superado se:

$$\text{corrente máxima do circuito (considerando as premissas do PAR)} > I_n \quad (\text{eq. 4})$$

2.5 Critério de superação por X/R (somente para disjuntores)

Devido à complexidade dos fenômenos envolvidos na análise de superação de disjuntores por X/R, assim como a falta de tradição neste tipo de análise, o GT-AS optou por desenvolver e adotar um critério próprio de superação por X/R, apresentado em detalhes na referência (5). Em princípio, o fato de o X/R da rede ultrapassar o X/R especificado para o disjuntor não necessariamente leva à superação do equipamento. A superação por X/R é determinada pela análise deste parâmetro juntamente com a amplitude da corrente de curto-circuito simétrica, ambos determinados pelo cálculo de curto-circuito da rede.

Conforme proposto em (5), para cada faixa pré-definida de X/R da rede, existe um fator de redução da corrente nominal de curto-circuito do disjuntor que permite a operação segura do equipamento, mesmo em condições de rede com constante de tempo acima do valor normalizado (45 ms). Os valores originais desse fator de redução são apresentados na tabela 2. O GT-AS adotou, porém, fatores mais conservativos que os originalmente propostos, visando dar maior segurança à aplicação do critério proposto. O critério para superação por X/R adotado pelo GT-AS são apresentados em forma de fluxograma na figura 1.

Tabela 2 - Fatores de redução da corrente nominal de curto-circuito obtidos pelo critério de manutenção da energia de arco (5)

τ (ms)	t_{op} - tempo de abertura do disjuntor (ms)		
	$0 < t_{op} \leq 10$	$10 < t_{op} \leq 27,5$	$27,5 < t_{op} \leq 44,5$
45	1,000	1,000	1,000
60	0,896	0,881	0,883
75	0,847	0,820	0,818
120	0,767	0,722	0,708

Na figura 1, quando a corrente simétrica de curto-circuito da rede, multiplicada pelo respectivo fator de redução, ultrapassa a corrente de curto-circuito nominal do disjuntor, o diagnóstico correspondente é “disjuntor em princípio superado”. A razão é que nestes casos o fabricante do disjuntor deve ser preferencialmente consultado, antes de definitivamente diagnosticar o equipamento como superado por constante de tempo. Nos casos em que o diagnóstico é “disjuntor OK” há segurança suficiente para considerar o disjuntor apto a operar na condição analisada, por conta das premissas assumidas no desenvolvimento desse critério.

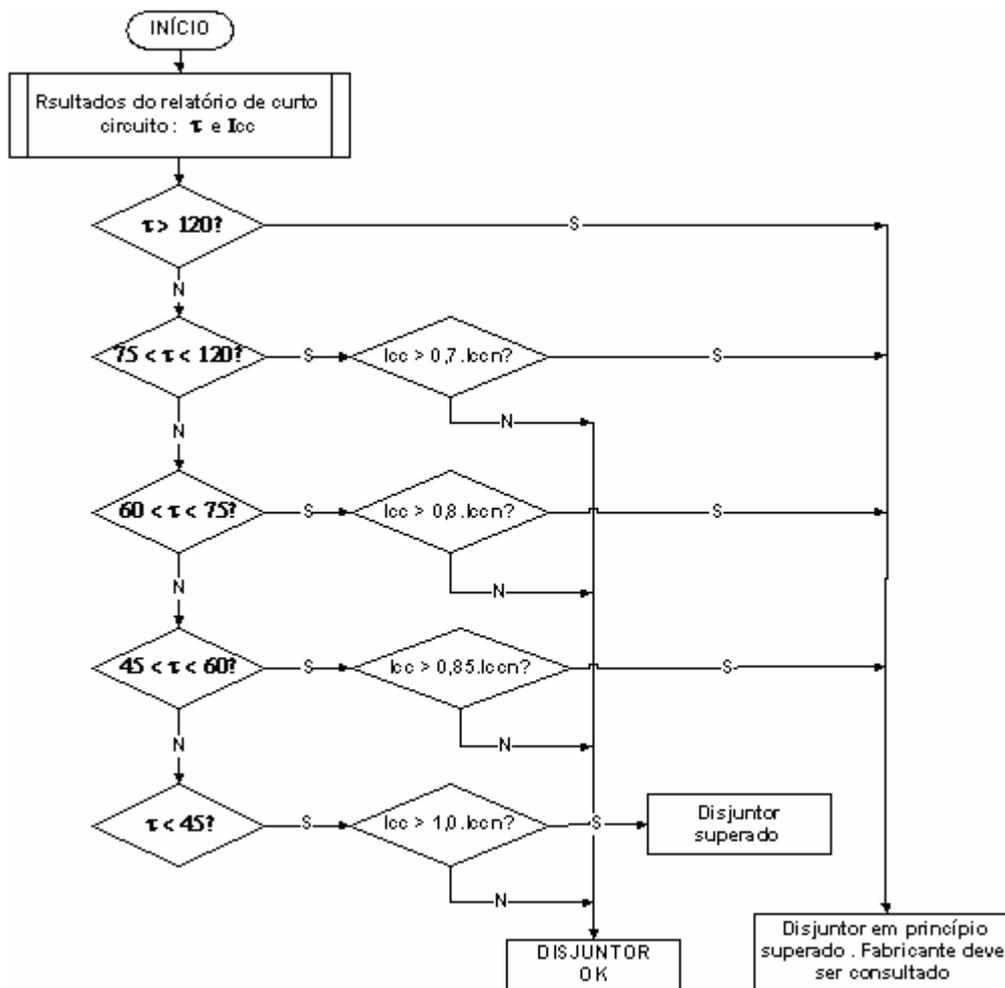


FIGURA 1 – Critério adotado para a superação de disjuntores por X/R

2.6 Critério de superação por TRT (somente para disjuntores)

O critério básico que determina a necessidade de investigação da superação por TRT é quando a corrente simétrica de curto-circuito passante no disjuntor é superior a 85% da capacidade nominal de interrupção do mesmo. Esse critério foi adotado com base na experiência das empresas que compõem o GT-AS.

A análise da superação por TRT requer a sua determinação por simulação em regime transitório. O disjuntor é considerado superado por TRT nos casos em que a TRT calculada interceptar a envoltória da norma (9, 10) de disjuntores interpolada para o nível percentual de corrente de curto-circuito passante.

O cálculo da TRT é uma tarefa complexa, tendo em vista os diversos fatores que podem influenciar sua determinação. As dificuldades para a realização de um estudo de TRT são a identificação da metodologia aplicável, a modelagem da rede elétrica e os critérios de estudo e simulação. Desta forma, é importante que os diversos Agentes que realizam estudos de TRT com vistas à análise de superação adotem um mesmo conjunto de critérios básicos. Os critérios e metodologia adotados pelo GT-AS para análise de TRT são descritos em (2). Os principais pontos da metodologia recomendada são:

- a) Utilizar um programa de cálculo de transitórios eletromagnéticos, por exemplo ATP/EMTP;
- b) Considerar falta terminal trifásica não aterrada;
- c) Adotar a representação trifásica da rede estudada;
- d) Validar a representação adotada mediante comparação dos valores de curto-circuito para faltas trifásicas e monofásicas obtidos com o uso programa ANAFAS e sistema completo com aqueles obtidos pelo ATP/EMTP com o sistema reduzido, utilizando-se equivalentes de rede;
- e) A modelagem transitória da rede simulada deve se estender até a segunda barra a montante da barra alimentadora do disjuntor investigado; nestas barras de corte os equivalentes de curto-circuito da rede devem ser representados;
- f) As linhas de transmissão devem ser representadas pelo modelo de parâmetros distribuídos, sem correção com a frequência; os transformadores e reatores devem ser representados sem considerar a saturação, capacitâncias parasitas e perdas no ferro; não representar as cargas;
- g) Os disjuntores devem ser representados pelo modelo de chaves ideais tempo-controladas; não representar o arco-elétrico do disjuntor nem as capacitâncias de equalização de tensão (em paralelo com as câmaras de interrupção); não considerar pólo preso do disjuntor.

Uma vez determinada a TRT por simulação, o critério de superação é a comparação da mesma com a envoltória normalizada interpolada para o nível da corrente do defeito analisado.

2.6.1 Sobre a interpolação da envoltória da TRT

As normas de disjuntores mais amplamente adotadas no Brasil, ABNT (9) e IEC (10), definem envoltórias para a TRT que são função da relação entre a corrente de defeito e a capacidade nominal de interrupção do disjuntor. Essas relações são normalmente expressas em valores percentuais, i. e., 100%, 60%, 30% e 10%. O grau de severidade das envoltórias (taxa de crescimento e valor de crista) aumenta à medida que a corrente de curto diminui. Desta forma, ao se obter a TRT por simulação recomenda-se interpolar linearmente os parâmetros U_1 , t_1 , U_c e t_2 da envoltória normalizada para o valor de corrente percentual da falta analisada. Este método dá maior precisão à identificação de superação por TRT. Um exemplo de interpolação da envoltória da TRT é apresentado na figura 2.

3 - PRINCIPAIS MEDIDAS MITIGADORAS PARA A SUPERAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

A solução para os casos de superação de equipamentos de alta tensão deve ser estrutural, de forma a garantir desempenho adequado, confiabilidade e flexibilidade operativa do sistema. Dentro desta ótica, a solução técnica recomendada para problemas de superação é a substituição integral dos equipamentos superados.

Ocorre por vezes, porém, que a simples substituição de equipamentos pode acarretar problemas operacionais de difícil solução, como grande quantidade de desligamentos ou dificuldades inerentes ao trabalho no campo devido a arranjos pouco otimizados das instalações, ou redundar em custos extremamente elevados de substituição de equipamentos superados. Nesses casos, cabe analisar a viabilidade técnica e econômica da aplicação de medidas mitigadoras (11, 12), que podem ser de caráter sistêmico ou uma intervenção direta no equipamento superado.

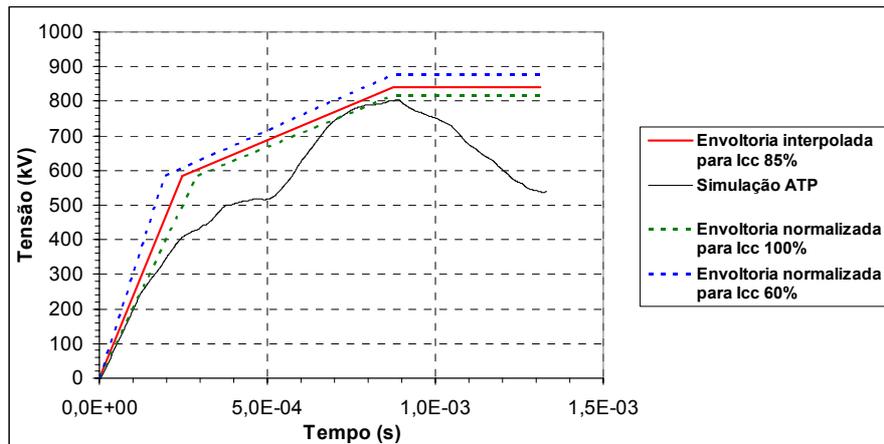


Figura 2 – Comparação entre a TRT determinada por simulação, as envoltórias normalizadas e a envoltória interpolada para o valor de corrente de curto do caso analisado

3.1 Medidas de caráter sistêmico

As medidas de caráter sistêmico mais comumente adotadas para a mitigação da superação de equipamentos são abordadas em detalhes nas referências (11 e 12). Estas são:

- Secionamento de barramentos, com ou sem a adoção de reatores limitadores conectando as duas novas seções de barra;
- Reatores limitadores de corrente em série com transformadores ou linhas de transmissão;
- Chaveamento seqüencial em subestação onde ocorra a superação de algum disjuntor específico;
- Geradores e transformadores de reatância mais elevada que o habitual;
- By-pass* de linha de transmissão em subestação, evitando assim que a linha contribua para a alimentação de defeitos no barramento ou nas imediações da subestação.

Outras soluções de tecnologia mais sofisticada, tais como uso de eletrônica de potência, limitadores de corrente que utilizem tecnologia de super-condutores ou elos de corrente contínua são ainda pouco competitivos nas redes de alta tensão. A tendência, porém, é a de redução futura de custos de tais soluções. Para redes de distribuição já existem disponíveis soluções do tipo elementos fusíveis limitadores de corrente, conforme mencionado em (11).

3.2 Intervenção direta no equipamento superado

Os equipamentos considerados neste trabalho que comportam algum tipo de medida mitigadora são: disjuntores, seccionadoras e transformadores de corrente. Os tipos de intervenção passíveis de adoção em equipamentos de AT (13) são a seguir apresentados em ordem crescente de complexidade:

- Reclassificação (*uprating*): atualização das características elétricas nominais do equipamento, por meio de avaliação do respectivo projeto;
- Repotenciação (*upgrading*): Elevação de capacidades nominais do equipamento por meio de modificação no projeto, baseando-se em projetos já existentes e similares ao do equipamento analisado;
- Revisão geral (*overhaul*): Não altera as características originais do projeto, mas apenas assegura que as características do equipamento sejam as mesmas que em seu estado de "novo";
- Adaptação (*retrofit*): Modificações substanciais do projeto original do equipamento com vistas à sua repotenciação (*upgrading*). Exemplo: substituição das câmaras originais de interrupção de disjuntor tipo grande volume de óleo por câmaras a vácuo.

A viabilidade da aplicação de medidas mitigadoras passa necessariamente pela análise econômica, pois esta tem de se mostrar atrativa em relação ao custo de substituição do equipamento.

3.2.1 Medidas aplicáveis a disjuntores

As medidas mitigadoras de superação aplicáveis a disjuntores de AT foi tema de recente *workshop* (13) organizado pelo ONS. Tendo como base as principais conclusões desse evento foi possível precisar os passos do processo de mitigação de superação neste tipo de equipamento. Inicialmente, as solicitações de rede atuais e futuras devem ser claramente identificadas. Detalhada análise do modelo do equipamento e de seu estado de vida elétrica é necessária. A conjunção destas duas análises é que definirá a extensão da intervenção necessária no equipamento. A intervenção de menor grau de complexidade possível dentre as citadas no item 3.2 é a que deve ser preferencialmente adotada. A experiência de fabricantes e usuários indica que o custo da repotenciação de disjuntores pode variar entre 20% e 40% do custo da sua substituição. Uma análise abrangente de custos exige,

entretanto, a consideração de fatores adicionais, como a expectativa de vida após a intervenção e o custo da substituição no fim da vida útil do equipamento repotenciado.

3.2.2 Medidas aplicáveis a transformadores de corrente

Para transformadores de corrente, o GT-AS elaborou documento com recomendações específicas que podem evitar substituições por superação das características originais (3). Em caso de superação por saturação do núcleo secundário, algumas medidas mitigadoras são sugeridas, a saber:

- Redução da impedância da carga secundária do TC. Isto pode ser feito pela troca dos cabos existentes, que interligam os secundários dos TCs a proteção, por outros de bitola maior ou pela colocação de cabos em paralelo com os existentes. Caso essa medida seja insuficiente e a proteção existente seja eletromecânica, trocá-la por proteção digital;
- Utilização de dois enrolamentos secundários do TC em série.

4 - RESULTADOS DO PRIMEIRO CICLO DE ANÁLISE DE SUPERAÇÃO

O primeiro ciclo de superação levado a termo no âmbito dos processos do PAR ciclo 2007-2009, revelou um grande passivo de reforços no sistema devido à superação de equipamentos. O resumo das indicações por superação para este ciclo é apresentado na tabela 3. A data de necessidade de troca dos equipamentos superados varia entre imediata e ano 2008. A maioria dos casos de superação para disjuntores, seccionadoras e TCs se dá por corrente de curto-circuito. Já para as bobinas de bloqueio, a corrente nominal foi a causa do maior número de indicações. A segunda maior causa de superação é a corrente nominal, que contribuiu com aproximadamente 1/5 das indicações de superação apuradas para todos os equipamentos. Estimativa do custo de substituição desses equipamentos baseado em levantamento junto a três fabricantes, sem considerar os custos de engenharia e dos serviços de substituição, atinge cerca de R\$ 400 milhões.

Tabela 3 – Resumo das indicações de substituição de equipamentos por superação no ciclo do PAR 2007-2009, autorizadas pela ANEEL através da Resolução Autorizativa nº 758/2006

Nível de tensão (kV)	Disjuntores	Secionadoras	TCs	BBs
13,8	63	2	0	0
69	86	115	96	1
88	55	57	57	0
138	158	435	182	3
230	66	31	82	24
345	132	341	156	32
440	3	21	3	4
500	1	0	6	0
TOTAL	564	1002	582	64

A substituição desse elevado número de equipamentos exigirá um grande esforço de engenharia dos Agentes de transmissão, assim como demandará um elevado número de horas de desligamentos de elementos do SIN. Isto exigirá um elaborado plano de substituições, que vem sendo preparado caso a caso pelos Agentes envolvidos em conjunto com o ONS.

5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados do primeiro ciclo de análise de superação de equipamentos coordenado pelo ONS confirmou a existência de um grande passivo de substituições de disjuntores, seccionadoras, TCs e bobinas de bloqueio. A ANEEL, através de resolução específica, autorizou a substituição de todo este passivo, dando um importante passo no sentido de eliminar diversos fatores limitantes para a operação do sistema elétrico, tais como restrições de carregamento de linhas de transmissão, adoção de esquemas especiais de proteção, seccionamento provisório de barramentos de subestação, etc.

O custo das substituições apontadas é elevado e o esforço de engenharia associado a elas exigirá esforço especial dos Agentes envolvidos. Ao ONS caberá a concentração de esforços para viabilização dos desligamentos necessários às substituições dos equipamentos, o que não se constituirá em tarefa de fácil realização, devido ao montante total de desligamentos necessários.

A experiência adquirida no GT-AS mostrou ser muito produtiva a forma cooperativa de trabalho adotada. Essa estratégia propiciou minuciosa discussão e formação de consenso para definição dos critérios e métodos de análise da superação. A aplicação dos referidos critérios e métodos de cálculo comprovaram o bom grau de amadurecimento destes, não tendo sido identificada, até então, necessidade de revisão dos mesmos. Já o processo como um todo, em especial o fluxo de informações, necessita de alguns aperfeiçoamentos que serão implementados no ciclo do PAR 2008-2010.

Durante os debates ocorridos no decorrer do ciclo 2007-2009 foi identificada a necessidade de desenvolver critérios para superação de malhas de terra, barramentos de subestações e corrente de curto-circuito em transformadores de potência. Estes temas serão abordados pelo GT-AS no ciclo 2008-2010.

6 - AGRADECIMENTOS

Este artigo é produto de trabalho conjunto de mais de três anos dos membros do GT-AS, que com sua larga experiência em análise de redes e equipamentos possibilitou o desenvolvimento e implementação do ciclo anual de análise de superação. Os autores externam os seus agradecimentos a todos os profissionais da CEEE, CELP, CEMIG, CESP, CHESF, COELBA, COELCE, COPEL, COSERN, CTEEP, ELETROBRAS, ELETRONORTE, ELETROSUL, EPE, FURNAS, LIGHT, ONS, ABB, AREVA e SIEMENS, os quais diretamente colaboraram para a viabilização de todo este processo.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) GT de Análise de Superação de Equipamentos de AT, Diretrizes para análise de superação de disjuntores, seccionadoras e bobinas de bloqueio, relatório ONS 2.1/206/2004 revisão 1, 09/09/2005.
- (2) GT de análise de superação de equipamentos de at, Metodologia de cálculo da TRT para estudos de superação de disjuntores, relatório ons 2.1/079/2005, 08/09/2005.
- (3) GT de análise de superação de equipamentos de at, Diretrizes para análise de superação de transformadores de corrente, relatório ons 2.1/207/2004 revisão 2, 08/09/2005.
- (4) GT de análise de superação de equipamentos de AT, Diretrizes de aplicação de medidas mitigadoras para a superação de equipamentos de alta tensão, relatório ons 2.1/001/2006, 04/01/2006.
- (5) Carvalho, A.C., D'Ajuz, A., Rocha, R., Novo critério para redução da capacidade de interrupção de disjuntores de alta tensão em função da constante de tempo da corrente de curto-circuito, IX SEPOPE, SP-088, Rio de Janeiro, 2004.
- (6) ONS, Estudos de curto circuito período 2005-2008, relatório ONS n° 3/075/2006.
- (7) ONS, Procedimentos de Rede – Módulo 11, Proteção e Controle, Sub-módulo 11.3, Estudos de Curto-Circuito Rer. 0, 23/02/2002, http://www.ons.org.br/procedimentos/modulo_11.aspx
- (8) Corrado, A. S., Silva, D., Lima, J. W. Marangon, Schilling, M. Th, Uma nova metodologia de análise de curto circuito com base estatística, XIX SNPTEE, artigo GSE - 1303, Rio de Janeiro, 2007.
- (9) IEC 62271-100, High Voltage Switchgear and Controlgear – Part 100: High-voltage alternating current circuit-breakers, First Edition, May 2001.
- (10) ABNT, Equipamento de alta tensão Parte 100: Disjuntores de alta tensão de corrente alternada, primeira edição, 04/12/2006.
- (11) Monteiro, A.M., D'Ajuz, A., Kastrup, O., Oliveira, F. H., Fault current limitation in interconnected systems: a case study for the brazilian HV transmission network, 10th International Symposium on Short-Circuit Currents in Power System – SCC' 200, Lódz, Polônia, 2002.
- (12) Penna, F., Sereno, M. G., Amon F., J, Peralta, J. M, Fontes, M. A. P., Superação de equipamentos – Alternativas das transmissoras para evitar a substituição – Caso furnas, XIX SNPTEE, artigo GSE - 100, Rio de Janeiro, 2007.
- (13) ONS, Workshop sobre repotenciação de disjuntores: principais constatações, relatório ONS n° 2.1/125/2006.