

Como os custos envolvidos na substituição de equipamentos superados são normalmente elevados, abre-se espaço para que sejam pesquisadas outras formas de evitar a superação. Dentro deste contexto, vem crescendo a nível internacional a oferta de dispositivos limitadores de corrente de curto-circuito (DLCC) em redes de transmissão e distribuição. Tais dispositivos foram durante longa data representados na prática por reatores limitadores a núcleo de ar, ao passo que outras tecnologias de limitação de correntes de curto-circuito passaram longas décadas como apenas projetos de pesquisa e desenvolvimento. Nos últimos anos, entretanto, vem crescendo a oferta de dispositivos limitadores baseados em diferentes tecnologias, tal como eletrônica de potência e supercondutividade.

Diante deste fato, faz-se necessária a análise da aplicação de novas tecnologias de limitação de corrente de curto-circuito, visando identificar os possíveis impactos que as mesmas podem causar à operação do Sistema Interligado Nacional (SIN). Ao ONS cabe se preparar para a possibilidade de adoção desses dispositivos não convencionais por agentes do setor elétrico. O presente artigo visa discutir este tema e oferecer subsídios para a definição de requisitos mínimos para a aplicação de DLCC na Rede Básica.

2.0 - SUPERAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

As redes de transmissão são planejadas, especificadas e construídas visando a expansão do sistema elétrico. Os equipamentos elétricos de um sistema de potência devem ser especificados para permanecerem em serviço por um período de tempo que seja suficiente para compensar os custos de sua aquisição e instalação. Consequentemente, devem ser dimensionados para suportar as eventuais ampliações que venham a ocorrer no sistema durante esse período de tempo, sem que haja superação de suas capacidades nominais.

Entretanto, durante o tempo em que o equipamento encontra-se em operação, é possível que ocorram mudanças na configuração do sistema que não haviam sido previstas no planejamento original. O atual modelo do setor elétrico que visa, 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, que muitas vezes se conectam ao SIN em pontos não considerados originalmente pelo planejamento de longo prazo. Uma consequência dessa expansão é a elevação dos níveis de curto-circuito em diversas subestações do sistema elétrico, podendo, em muitos casos, ocasionar a superação de seus equipamentos.

A Figura 1 apresenta um gráfico de evolução da média da corrente de curto-circuito de 2007 a 2015, nas subestações do SIN. Os resultados apresentados baseiam-se nos casos de referência de curto-circuito elaborados pelo ONS e disponíveis em seu sítio eletrônico. Os valores obtidos nos anos de 2013 a 2015 contemplam as obras já consolidadas pelo Ministério de Minas e Energia no ciclo 2013, as informações técnicas consideradas nos estudos elaborados pelo órgão de planejamento setorial EPE, as solicitações de acesso à rede básica e às DIT e conexão dos agentes e as ampliações e/ou reforços propostos pelo PAR 2013-2015 (Plano de Ampliações e Reforços) (1) e pelos agentes do setor. A elevação dos níveis de curto-circuito devido à expansão do sistema elétrico é, portanto, claramente evidenciada no gráfico da Figura 1, cujos valores mostram um aumento de mais de 90 % da corrente de curto-circuito entre os anos de 2007 e 2012, com uma previsão de continuidade do crescimento nos anos seguintes.

Além da expansão da rede e da geração acima do previsto nos planos de expansão à época da implantação das instalações sob análise, outro ponto que pode levar a superação é a idade das instalações, que se aproximam do horizonte para os quais foram planejadas e especificadas. No entanto, seja qual for a razão da superação, é importante dispor-se de meios adequados para a identificação dos equipamentos com potencial grau de superação dentro de um prazo que possibilite o planejamento e a efetivação da substituição dos equipamentos, ou a aplicação de medidas mitigadoras que posterguem ou evitem a superação.

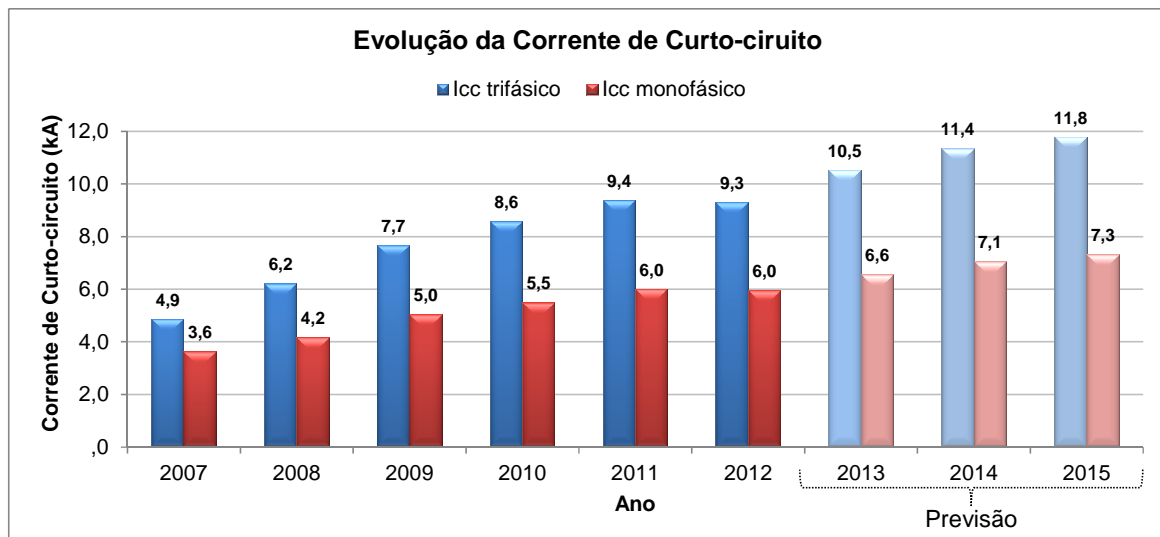


FIGURA 1 – Evolução do valor médio da corrente de curto-circuito das barras do SIN

3.0 - SOLUÇÕES PARA SUPERAÇÃO DE EQUIPAMENTOS POR CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO

O planejamento prévio da substituição de equipamentos que venham a ser superados no curto e no médio prazo é de extrema importância e é um dos aspectos fundamentais para se garantir a confiabilidade e segurança operativa da rede.

A eventual não substituição dos equipamentos superados, ou a postergação da mesma, pode causar impactos não desejáveis no desempenho do sistema elétrico, no suprimento de cargas e na segurança de instalações e de pessoal. Quando estudos específicos demonstram a existência de equipamentos superados em uma subestação, alguns métodos podem ser adotados para evitar tal situação. As soluções utilizadas para resolver o problema de superação de um equipamento são aqui classificadas como convencionais e não convencionais.

As soluções convencionais são aquelas mais comumente utilizadas e, por conseguinte, já existe um conhecimento disseminado de suas principais características, desempenho e modo de aplicação. São, portanto, medidas que podem ser adotadas em um curto horizonte, como, por exemplo:

- Substituição do equipamento superado por outro de maior capacidade;
- Seccionamento de barramentos;
- Abertura sequencial de disjuntores;
- "By-pass" de linhas nas subestações com equipamentos superados;
- Instalação de reatores limitadores de núcleo de ar;
- Instalação de fusíveis "pirotécnicos";
- Instalação de geradores e transformadores com reatâncias mais elevadas;
- Elevação da impedância de aterramento nos neutros de transformadores para reduzir curtos monofásicos.

A aplicação dessas soluções deve ser revestida de investigação detalhada sobre a sua viabilidade técnica e econômica. Questões operativas da rede também devem ser levadas em consideração, pois em determinados pontos da rede, os desligamentos necessários à execução dos serviços de substituição dos equipamentos superados pode torna-la inviável, ou somente viável em um horizonte plurianual, pela impossibilidade de retirada de serviço de diversos vãos de manobra ou trechos de barramento de forma concomitante.

As soluções não convencionais, como o próprio nome indica, são aquelas que utilizam tecnologias emergentes e, portanto, ainda não tão disseminadas. As soluções não convencionais de dispositivos limitadores de corrente de curto-circuito são, especialmente, baseados em eletrônica de potência e em supercondutividade. Outro equipamento que vem se despontando como uma solução viável para limitação de correntes de curto é o reator saturável controlado. Tais métodos vêm ganhando espaço entre as medidas de mitigação de corrente de curto-circuito, especialmente, devido à evolução recente da relação custo/benefício de sua aplicação. Além disso, embora os custos de soluções não convencionais ainda sejam mais elevados que o das soluções convencionais, tais métodos podem agregar outros benefícios à operação da rede, tal como maior grau de controlabilidade desta.

Atualmente encontram-se disponíveis dispositivos limitadores não convencionais de diferentes graus de maturidade tecnológica, desde produtos consolidados até conceitos ainda em fase de pesquisa e desenvolvimento. Entretanto, o aumento verificado nos últimos anos da oferta de produtos industrializados para soluções ditas não

convencionais leva a crer que existe um potencial crescente no médio prazo para sua aplicação nas redes de transmissão e distribuição. Existem também tecnologias mais incipientes, como o limitador de corrente de curto baseado em metal líquido (ligas de metais líquidos não tóxicos como, por exemplo: gálio, índio e estanho), os circuitos de ressonância série controlados (em regime normal de operação, as chaves de eletrônica de potência estariam fora de operação – redução das perdas) e o limitador de permeabilidade incremental. Embora alguns destes dispositivos já apresentem testes experimentais com sucesso, ainda não existem informações suficientes para avaliar o potencial da aplicação desses equipamentos nas redes de transmissão e distribuição (2).

Os dispositivos limitadores de corrente de curto-circuito (DLCC), foco deste trabalho, foram acima elencados de forma não exaustiva (3). Dois desses equipamentos pertencem ao rol das soluções convencionais (reatores limitadores à núcleo de ar e fusíveis pirotécnicos) e os demais são considerados não convencionais. Tal conjunto de dispositivos compõem o alvo de análise do presente trabalho.

4.0 - REQUISITOS PARA APLICAÇÃO DE DLCC

A aplicação de dispositivos limitadores de curto-circuito em redes de alta tensão deve ser implementada de forma a solucionar o problema de nível de correntes de curto-circuito sem, contudo, causar outros problemas de ordem operacional, que seja de difícil ou de alto custo de solução. Aspectos da aplicação de DLCC relacionados ao desempenho elétrico da rede, de suas instalações e dos sistemas de proteção devem ser claramente identificados e tratados de forma adequada ainda na fase de planejamento e engenharia da solução.

Algumas características devem ser observadas na escolha destes dispositivos, principalmente para aqueles que são conectados permanentemente em série com a rede elétrica. Para dimensionar o DLCC é necessário determinar as condições do sistema às quais o equipamento será submetido, de acordo com a aplicação especificada de cada dispositivo. Nos itens que se seguem são abordados os principais aspectos a serem analisados.

4.1 Regime de Operação

A aplicação de DLCC demanda a clara explicitação dos regimes de operação a que estarão submetidos. As condições de operação normal, em curto-circuito, assim como a recuperação do DLCC após sua atuação são a seguir discutidas.

4.1.1. Operação normal

Nessa situação, os dispositivos não deverão limitar a corrente de regime e devem apresentar baixas impedâncias, evitando contribuir para as perdas e quedas de tensão na rede.

As características do DLCC para operação normal devem incluir a máxima impedância permitida em regime, o valor máximo de perdas tolerável e a máxima queda de tensão permitida para o DLCC na condição normal de operação com corrente nominal.

As questões relacionadas à qualidade de energia são abordadas mais a diante em item específico para este fim.

4.1.2. Durante o curto-circuito

Na condição de curto-circuito, os DLCCs devem apresentar alta impedância, para que a redução das correntes de falta seja obtida. O nível desejado de limitação da corrente de curto-circuito deve ser explicitado em termos da amplitude máxima da corrente de curto-circuito simétrica que se deseja atingir e do correspondente valor de crista máximo da corrente de defeito. Além destes, devem ser explicitados os níveis máximos da corrente presumida de curto-circuito, que é o valor da corrente de defeito passante pelo circuito onde o DLCC será instalado, caso não haja limitação da corrente de defeito. O valor de crista da corrente presumida e a constante de tempo da rede na barra sob análise são também necessárias, pois são insumos básicos para o dimensionamento do DLCC.

O regime de transição do estado de condução em regime permanente para o estado de limitação do DLCC deve ser considerado nas análises de planejamento da solução, pois influenciam diretamente na engenharia da solução adotada. Por exemplo, DLCC que apresentem rápida transição entre os estados de regime para o de limitação, podem reduzir significativamente os requisitos de corrente de crista para os equipamentos situados em série com o limitador, o que pode impactar nas características mínimas necessárias para estes equipamentos e, consequentemente, possui potencial para redução do custo total da instalação.

Caso alguma aplicação específica requeira uma característica dinâmica de limitação de corrente, esta deve ser identificada na fase de planejamento da solução, pois será um insumo fundamental para a seleção do tipo de DLCC a ser adotado.

4.1.3. Recuperação do DLCC após o curto-circuito

Diferentes tecnologias ou tipos construtivos de DLCCs possuem diferentes características de recuperação após sua atuação. Essa diversidade é geralmente relacionada a questões de dimensionamento térmico do elemento limitador ou, por vezes, é uma questão intrínseca da tecnologia adotada. Por exemplo, dispositivos limitadores que exigem a substituição do elemento ativo após sua operação, como os dispositivos pirotécnicos, não se aplicam a casos onde o religamento automático do circuito seja necessário. Em suma, é necessário definir precisamente os requisitos de recuperação do DLCC após a limitação de uma falta. Questões básicas relacionadas à recuperação do DLCC são o tempo máximo de recuperação após uma falta para retornar à operação normal e número de ciclos consecutivos de faltas que devem ser aplicados sucessivamente.

4.2 Influência/interação no sistema de proteção

Os dispositivos limitadores de curto-circuito (DLCC) têm a finalidade de limitar as correntes de curto-circuito cujos valores são superiores às características nominais das instalações existentes. Desta forma, a interrupção da corrente de curto-circuito pode ser efetivada pelos disjuntores existentes da instalação, ou diretamente pelos próprios DLCCs, em tempos extremamente rápidos. A forma da eliminação do defeito, por intermédio dos disjuntores existentes ou pela atuação do próprio DLCC, assim como a sua influência na amplitude da corrente de defeito possuem impacto direto nos esquemas de proteção. Tal impacto deve ser claramente identificado para cada tipo de DLCC e as providências para os reajustes dos sistemas de proteção devem ser tomadas para que a sua efetividade não seja prejudicada. Os ajustes das proteções envolvidas devem considerar o funcionamento do DLCC de modo que atuem coordenadamente.

Algumas das principais precauções que se deve tomar em relação aos sistemas de proteção devido a aplicação de DLCCs são a seguir destacadas.

- I. No caso de aplicação de DLCC em série a linhas de transmissão, os seguintes ajustes deverão ser verificados:
 - (a) Proteção de distância pilotada 21P (utilizando meio de comunicação):
O ajuste dessa proteção deverá cobrir faltas em toda a extensão da linha protegida incluindo o DLCC com uma certa folga, que pode ser em torno de 20% acima do conjunto linha DLCC. Como consequência, o ajuste da proteção de bloqueio por oscilação dessa unidade também deverá ser verificado.
 - (b) Proteção de distância retaguarda 2ª zona 21-2:
O ajuste dessa proteção deverá cobrir faltas em toda a extensão da linha protegida incluindo o DLCC com uma certa folga que pode variar de 10% a 20% acima do conjunto linha e DLCC. Como consequência, o ajuste da proteção de bloqueio por oscilação dessa unidade também deverá ser verificado.
 - (c) Demais proteções de distância de retaguarda 3ª e 4ª zonas 21-3 e 21-4:
O ajuste dessas proteções varia de acordo com a sua aplicação. Se a filosofia for de prover retaguarda para as proteções das linhas remotas, nesse caso além de considerar o dispositivo DLCC, deve ser verificado se com a máxima carga na linha em questão a impedância representativa da mesma não caia dentro da característica do ajuste da proteção. Caso essas proteções utilizem unidades de bloqueio por oscilação, os ajustes dessas unidades também deverão ser verificados.
 - (d) Proteção de sobrecorrente direcional 67 pilotada:
O ajuste dessa proteção deverá cobrir faltas em toda a extensão da linha protegida incluindo o DLCC com uma certa folga considerando por exemplo o curto-circuito na segunda barra remota do terminal em ajuste.
 - (e) Proteção de sobrecorrente 50/51 e 50N/51N:
A proteção de sobrecorrente instantânea (50/50N) e temporizada (51/51N) em sistema malhado é de difícil ajuste, porém em circuito radial com aplicação de DLCC, o ajuste da unidade instantânea deve ser verificado de modo que sua atuação atinja até o final do circuito. Da mesma forma o ajuste da proteção de sobrecorrente temporizada deve ser coordenado com as proteções remotas do circuito radial.
- II. No caso de aplicação de DLCC entre seguimentos de barras, os seguintes ajustes deverão ser verificados:
 - (a) O ajuste da proteção de barra deve ser verificado caso utilize o princípio de alta impedância.
 - (b) Os ajustes das proteções de retaguarda remotas à barra de instalação do dispositivo DLCC devem ser verificados de modo a continuar desempenhando as suas funções.

III. No caso de aplicação de DLCC em série a transformadores de potência, os seguintes ajustes deverão ser verificados:

- (a) Proteção de sobrecorrente 51/51N:
A proteção de sobrecorrente temporizada (51/51N) utilizada como retaguarda deve ser verificada de modo que não haja descoordenação com os ajustes das proteções de segunda zona das linhas ligadas à subestação.
- (b) Proteção diferencial 87:
O ajuste da proteção diferencial do transformador não sofrerá alteração com ou sem o DLCC. Porém, caso a proteção diferencial englobe o dispositivo DLCC, a atuação desta proteção não se restringirá apenas a falhas no transformador e sim no conjunto transformador + DLCC. Assim sendo, deve ser alertado a operação sobre esse detalhe e as inspeções que deverão ser realizadas no caso de atuação dessa proteção.

No caso de aplicação de DLCC que utilizem eletrônica de potência, primeiro devemos analisar em detalhe o funcionamento desse dispositivo e as suas consequências nos desempenhos das proteções. Os ajustes das proteções mencionados em I, II e III deverão ser verificados e pode até ser necessário que os fabricantes das proteções sejam envolvidos para verificar se a aplicação das proteções oferecidas atendem os requisitos de operação desses DLCC.

4.3 Influência no desempenho do sistema

O efeito físico da aplicação de um DLCC é a inserção de uma impedância em série com um circuito da rede e sua principal função é o gerenciamento da corrente de curto-circuito. Contudo, sua aplicação também pode causar impactos positivos e negativos no sistema, que podem ser intencionais ou não. Portanto, para cada aplicação específica deve-se avaliar a influência do limitador no desempenho do sistema. Nos itens que se seguem são abordados os principais aspectos que merecem ser levados em consideração.

4.3.1. Estabilidade transitória

A influência na estabilidade transitória do sistema pode ser considerada como um subproduto do DLCC, uma vez que sua instalação pode ser positiva ou negativa para a estabilidade. Dentre os fatores que influenciam diretamente no resultado da estabilidade, destacam-se os parâmetros do próprio DLCC, sua localização na rede e o local da falta. Para a análise do desempenho dinâmico do sistema devido à aplicação de um DLCC deve-se considerar a aplicação de curto-circuito trifásico e monofásico.

Dispositivos limitadores que apresentem um aumento da reatância série do circuito, em tese, contribuem para a redução da estabilidade do sistema. O tempo de recuperação do DLCC pode ser importante para a definição dos limites de estabilidade, quando inserido em circuitos radiais que conectam geração ao sistema, ou em interligações entre subsistemas. Em contrapartida, a utilização de alguns DLCCs, como por exemplo, os supercondutores do tipo indutivos, pode aumentar a estabilidade transitória em determinados casos.

Em relação à localização, deve ser avaliada a melhor alocação para que o equipamento favoreça a estabilidade do sistema. Normalmente, é indicado instalar o DLCC nas linhas de transmissão ou transformadores de potência, ao invés de alocá-los nos ramais dos geradores.

4.3.2. Tensão de restabelecimento transitória (TRT)

Os limitadores de corrente de curto-circuito podem exercer influência na TRT de disjuntores, particularmente de disjuntores em série aos mesmos. Limitadores do tipo resistivo provocam maior amortecimento das oscilações transitórias devido ao chaveamento do circuito e, conseqüentemente, sua tendência é de suavizar a TRT. Limitadores do tipo indutivo podem ocasionar severas TRTs e por tal, é necessária uma detalhada investigação de sua influência através de estudos de transitórios eletromagnéticos (4)(5). Muitas vezes o recrudescimento da TRT devido a limitadores indutivos pode levar a ultrapassagem da TRT normalizada de disjuntores da subestação onde o dispositivo é adotado. Nestes casos, a adoção de medidas para a mitigação da TRT devem ser adotadas (5), que pode ser a adoção de capacitâncias paralelas ao dispositivo, ou conectadas à terra, adoção de amortecimentos adicionais no circuito etc. É sempre aconselhável a realização de estudos de simulação transitória do DLCC, mesmo que ele não seja do tipo indutivo, com vistas a determinar o impacto no regime transitório da rede devido à sua atuação durante a ocorrência de um curto-circuito. Tal medida visa evitar surpresas que dificultem ou até inviabilizem a colocação em serviço do dispositivo selecionado.

4.3.3. Ferrorressonância

Ferrorressonância somente ocorre em sistemas com indutâncias não lineares que possam ficar em série a capacitâncias da rede. Geralmente, os DLCCs a base de reator de núcleo saturável é que teoricamente são mais

vulneráveis a ocorrência deste fenômeno. A ferorressonância pode ser transitória ou ocorrer em regime permanente e normalmente é acompanhada por sobretensões e harmônicos. Contudo, apenas o estudo caso a caso pode revelar se para determinada aplicação há o risco de ferorressonância. Os estudos transitórios de TRT podem ser estendidos para a investigação da ferorressonância, caso haja indícios de que a tecnologia adotada e a topologia da rede possam desenvolver este tipo de fenômeno.

4.3.4. Qualidade de Energia

A qualidade de energia elétrica (QEE) pode ser, embora em pequena escala, afetada pela operação de DLCC na rede. Dentre os fenômenos que podem resultar em algum impacto na qualidade da forma de onda de tensão destaca-se, essencialmente, a variação de tensão de curta duração e a distorção harmônica. Os requisitos mínimos desses fenômenos da QEE são estabelecidos no Submódulo 2.8 dos Procedimentos de Rede (6) e devem ser observados em quaisquer circunstâncias.

Em relação à variação de tensão de curta duração, o DLCC deve apresentar a mínima impedância possível durante a operação normal, pois essa impedância influencia diretamente na regulação da tensão do sistema. O submódulo 2.8 define que a máxima variação de tensão de curta duração não pode exceder 0,1 pu, ou seja, 10%.

Já no tocante à distorção harmônica, durante a operação normal, o DLCC não deve fazer com que o nível de tensão individual de qualquer harmônica exceda o valor estabelecido no Submódulo 2.8 dos Procedimentos de Rede.

5.0 - CONFIABILIDADE E DISPONIBILIDADE

Questões ligadas à confiabilidade e à disponibilidade dos DLCCs também devem ser levantadas e analisadas com cuidado. Os dispositivos limitadores devem estar aptos a operar sem falhas durante o período de tempo e sob condições específicas, e ainda se manter a disposição para o desempenho de sua função nominal no período que foi designado para tal. Esses pontos, entretanto, não são tão fáceis de serem avaliados quando a experiência de uso dos DLCCs na rede é limitada ou inexistente. No caso dos dispositivos limitadores supercondutores, por exemplo, aspectos relacionados ao sistema de resfriamento devem ser considerados. Caso alguma falha nesse sistema ocorra (bombas, ventiladores, etc), o que se deve fazer? Desligar o equipamento? A mesma pergunta vale caso seja necessário fazer uma reposição do nitrogênio líquido nas situações em que seu nível esteja baixo. Que tipo de manutenção pode ser feita com o equipamento em uso? Já no caso de dispositivos pirotécnicos, por exemplo, uma pergunta importante é em relação ao tempo que o equipamento deve ficar indisponível até a substituição do elemento fusível e da câmara do barramento de cobre sejam efetuadas? Esses e diversos outros pontos que impactam diretamente no grau de confiabilidade e disponibilidade dos dispositivos, devem ser levantados antes da aplicação dos mesmos na rede.

Essas questões tornam-se ainda mais relevantes já que as concessionárias de transmissão de energia elétrica devem atender ao que preconiza a Resolução Normativa ANEEL nº 270 de 26 de junho de 2007. A referida resolução estabelece as disposições relativas à qualidade do serviço público de transmissão de energia elétrica, associada à disponibilidade das instalações integrantes da Rede Básica. De acordo com esta REN, a cada indisponibilidade do equipamento aplica-se uma penalidade na forma de um desconto em sua receita anual permitida, denominada parcela variável (PV). Este fato reforça ainda mais a importância de se ter conhecimento do grau de confiabilidade e disponibilidade dos DLCCs.

6.0 - CONCLUSÃO

O crescimento do sistema elétrico brasileiro nos últimos anos é acompanhado pela elevação dos níveis de curto-circuito da rede e consequentemente, pela elevação das solicitações impostas aos equipamentos e instalações da rede. Em alguns casos, tal solicitação pode ultrapassar a capacidade nominal dos equipamentos em operação, causando a superação dos mesmos. Este contexto vem se repetindo mundialmente e por tal, tornou-se crescente a busca de soluções capazes de evitar a superação, dentre elas a utilização de DLCCs.

Atualmente existem DLCCs disponíveis no mercado para uso imediato, como por exemplo, os reatores limitadores de núcleo de ar e os dispositivos pirotécnicos, assim como outros que utilizam tecnologias emergentes e, portanto, ainda não tão disseminadas, como aqueles baseados na eletrônica de potência e na supercondutividade. Outras tecnologias foram citadas no presente trabalho, embora não exaustivamente.

Diante deste fato, faz-se necessária a análise detalhada da aplicação destes equipamentos, visando identificar as possíveis interações entre a rede e os DLCCs. Este trabalho teve, portanto, o objetivo de mostrar os principais

aspectos que devem ser considerados quando da instalação de um DLCC. Foram abordadas questões relacionadas às condições de operação normal, em curto-circuito, assim como a recuperação do DLCC após sua atuação.

O trabalho apresentou as principais precauções que devem ser tomados em relação ao sistema de proteção no caso de aplicação de DLCC em série a linhas de transmissão, entre seguimentos de barras e em série com transformadores de potência.

A influência da aplicação destes dispositivos no desempenho do sistema também foi abordada. Ênfase foi dada aos aspectos de estabilidade transitória, tensão de restabelecimento transitória, ferorrresonância e qualidade de energia.

Destacou-se o problema da parcela variável (PV) a ser deduzida da receita da transmissora no caso da não prestação adequada do serviço público de transmissão. Reforçando por isso, a importância de se levantar aspectos ligados à confiabilidade e à disponibilidade dos DLCCs, particularmente das tecnologias emergentes.

Os pontos levantados neste documento são contribuições para que se possa definir um conjunto de requisitos mínimos a serem observados e considerados na aplicação de dispositivos limitadores de corrente de curto-circuito no sistema interligado.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Plano de Ampliações e Reforços na Rede Básica – período 2013-2015 – ONS RE 2.1-033/2012 – Agosto/2012.
- (2) *Application and Feasibility of Fault Current Limiter in Power Systems* – CIGRE - Working Group A3.23 – Technical Brochure n°497, Junho/2012.
- (3) A. M. Monteiro, Um Estudo de Dispositivos Limitadores de Corrente de Curto-Circuito com ênfase no IPC (Interphase Power Controller) – dissertação de mestrado, COPPE/UFRJ, em 2005.
- (4) Carvalho, A.C., Sinder, D., Muniz, M., Monteiro, A.M., Silva, B. A., Superação de Equipamentos de Alta Tensão: Critérios de Análise e Processo de Indicações de Substituições na Rede Básica e Demais Instalações da Transmissão, XIX SNPTEE, artigo SGE 97, Rio de Janeiro, outubro 2007.
- (5) Pereira, F.P, Sereno, M.G, Amon, J., Peralta, J.M, Fontes, M.A.P, Superação de Equipamentos – Alternativas das Transmissoras para Evitar a Substituição – Caso Furnas, XIX SNPTEE, artigo GSE-14, Rio de Janeiro, outubro 2007.
- (6) Procedimento de Rede – Submódulo 2.8, Gerenciamento dos indicadores de desempenho da rede básica e dos barramentos dos transformadores de fronteira, e de seus componentes – Revisão 2.0, data de vigência de 11/11/2011.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Antonio Carlos C. de Carvalho é engenheiro formado em 1978 na UFRJ e mestre em sistemas de potência pela COPPE/UFRJ (1984). É membro do CIGRE e é especializado na interação equipamentos-rede. Trabalhou com P&D no CEPEL e em desenvolvimento de equipamentos na ABB. Atualmente ocupa a Gerência de Padrões de Desempenho e Requisitos mínimos da Rede Básica no ONS.



Andréia Maia Monteiro é engenheira formada pela UFF em 2000 e mestre em sistemas de potência pela COPPE/UFRJ (2005). Trabalha no ONS desde 2000, na Gerência de Padrões de Desempenho e Requisitos Mínimos das Instalações da Rede Básica no ONS.



Marianna Nogueira Bacelar é engenheira formada pela UFF em 2010. Trabalha no ONS desde 2011, na Gerência de Padrões de Desempenho e Requisitos Mínimos das Instalações da Rede Básica no ONS.



Humberto Arakaki é engenheiro formado em 1968 na UFRJ, fez o Power System Engineering Course (PSEC 1971-1972) – Schenectedy - USA, trabalhou em Furnas até 2002, presta serviços ao ONS desde 2003, na Gerência de Padrões de Desempenho e Requisitos Mínimos das Instalações da Rede Básica.