



Grupo de Estudo de Subestações e Equipamentos de Alta Tensão - GSE

Simulações de Limitador de Corrente de Curto-Circuito Supercondutor na Rede Elétrica da LIGHT S.A.

ALEXANDER POLASEK (1); ANDRE TIAGO QUEIROZ (1)(2); GUILHERME GONÇALVES SOTELO (2); FELIPE SASS (2); DANIEL HENRIQUE NOGUEIRA DIAS (2); BRUNO WANDERLEY FRANÇA (2); MONIQUE COSTA DE LIMA (2); LEANDRO HENRIQUE DO CARMO (3); VICTOR SAMPAIO CRUZ (3);
(1) CEPTEL; (2) UFF; (3) LIGHT ENERGIA.

RESUMO

Os limitadores de corrente de curto-circuito supercondutores (LCCS) apresentam vantagens em relação às demais tecnologias, devido a: não utilização de sensores para detecção de curto-circuito; rápido tempo de sensibilização e limitação da corrente; dentre outros. Neste contexto, este trabalho apresenta uma análise de aplicação de LCCS em uma rede de distribuição real, por meio de simulações computacionais. A dinâmica de atuação e os fenômenos físicos deste limitador foram baseados em modelos reconhecidos na literatura. Sua utilização demonstrou grande e rápida capacidade de redução destas correntes, possibilitando a proteção de equipamentos e melhorias na qualidade do fornecimento de energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVE

Limitador de Corrente de Curto-Circuito Supercondutor; Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica; ATP.

1.0 - INTRODUÇÃO

Devido à crescente demanda de energia elétrica e confiabilidade no fornecimento da mesma, novas fontes de geração são inseridas no sistema elétrico, além de sua expansão. Estas modificações podem aumentar os níveis de curto-circuito, principalmente nos locais próximos às novas unidades de geração de energia. Este aumento não planejado pode acarretar na superação de elementos como disjuntores, transformadores, religadores automáticos, barramentos e cabos, em relação à suportabilidade para estes novos níveis de correntes (1).

Os principais meios de mitigação para tais superações são: restrições operativas; modificações na rede; substituição/recapitação de equipamentos superados; e aplicação de limitadores de corrente de curto-circuito (LCC) (2). Estes últimos podem apresentar-se como uma solução de menor custo, em relação à recapitação de subestação com aquisições de novos equipamentos e paradas programadas de fornecimento de energia para instalações dos mesmos, por exemplo.

Limitadores de corrente de curto-circuito supercondutores (LCCS) têm sido pesquisados e testados recentemente em sistemas elétricos (3), (4), por apresentarem propriedades intrínsecas ao material que são consideradas ideais para um limitador. Neste contexto, o presente artigo analisa a aplicação de um LCCS do tipo resistivo (r-LCCS), em uma rede de distribuição de energia elétrica (RD), por meio de simulação no programa *Alternative Transients Program* (ATP). Os dados da RD foram extraídos de um sistema real, fornecido pela concessionária LIGHT S.A., relacionado ao projeto P&D intitulado "Limitador de Corrente de Curto-Circuito Híbrido para Sistemas de Distribuição". O modelo de r-LCCS foi baseado em projetos já consagrados na literatura (5), além de considerar uma analogia eletrotérmica para solução do acoplamento existente entre os fenômenos elétrico e térmico, que regem o princípio de funcionamento deste tipo de dispositivo (6).

2.0 - MODELAGEM DO R-LCCS

O r-LCCS é constituído por dois elementos em paralelo, indicados na Figura 1: o elemento supercondutor (R_{fita}) imerso em um sistema criogênico; e o elemento *shunt* (reator de núcleo de ar). Durante a condição normal do sistema, o dispositivo apresenta uma impedância praticamente nula (R_{fita} igual a 0). Porém, na ocorrência de um curto-circuito, a corrente elétrica e a temperatura do supercondutor sofrem um rápido aumento, fazendo com que o material supercondutor transite para o estado normal, passando a apresentar resistência não nula com uma ordem de grandeza pré-dimensionada, de forma que a corrente de curto-circuito seja limitada pelo reator de núcleo de ar. A tecnologia utilizada para a construção do r-LCCS foi baseada em fitas 2G YBCO do modelo SF12100 da SuperPower, ilustrada na Figura 1, que tem como características largura de 1,2 cm, corrente crítica de 275 A para 77 K, temperatura crítica de 92 K, tempo máximo de condução de corrente durante a limitação que varia de 100 a 120 ms, considerando uma queda de tensão máxima de 0,5 V/cm (5).

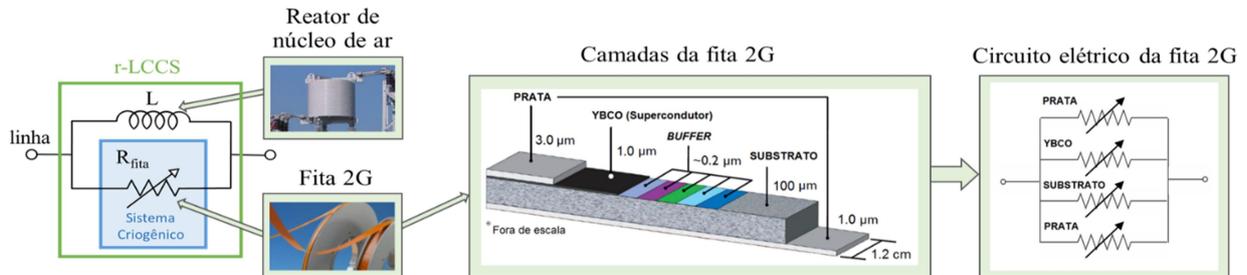


FIGURA 1 – Representação elétrica do r-LCCS.

Para modelagem elétrica da fita 2G utilizada, foi considerada sua seção transversal como um conjunto de 4 resistências em paralelo, variáveis com a temperatura, que correspondem a cada camada da mesma, com exceção das camadas de *Buffer* que tem seu efeito desprezado devido a sua pequena espessura. A resistividade elétrica (ρ) destas camadas são funções lineares da temperatura (T), descritas nas Equações (1), (2) e (3), com exceção do YBCO que apresenta um comportamento não linear quando se encontra abaixo de sua temperatura crítica (T_c), conforme indicado na curva E-J da Figura 2 e descrita pela Equação (4), sendo (E) o campo elétrico e (J) a densidade de corrente na camada supercondutora, e linear para temperaturas acima de T_c conforme a Equação (5).

$$\rho_{prata} = (-2,082 \cdot 10^{-7}) + (6,17 \cdot 10^{-9} \cdot T_{prata}) \quad (1)$$

$$\rho_{hastelloy} = (1,103 \cdot 10^{-4}) + (8,958 \cdot 10^{-9} \cdot T_{hastelloy}) \quad (2)$$

$$\rho_{açoinox} = (1,193 \cdot 10^{-4}) - (7,529 \cdot 10^{-5} \cdot e^{-T_{açoinox}/647,113}) \quad (3)$$

$$\rho_{YBCO} (abaixodeT_c) = E/J \quad (4)$$

$$\rho_{YBCO} (acimadeT_c) = -0,1 + (10^{-2} \cdot T) \quad (5)$$

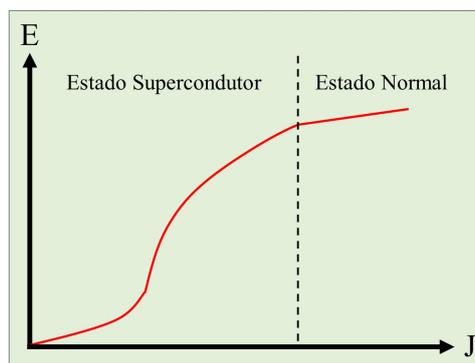


FIGURA 2 – Curva E-J delimitada por dois estados: supercondutor e normal.

A Figura 3 mostra a seção transversal da fita 2G, por onde ocorre a variação de T ao longo das espessuras (e) de cada camada, que podem ser calculadas através da analogia eletrotérmica entre a equação de condução de calor transiente unidirecional e a equação de linha de transmissão com parâmetros distribuídos. Nesta figura, T_{LN2} é a temperatura do nitrogênio líquido (LN_2) a 77 K. Esta configuração pode ser representada por meio de um circuito eletrotérmico equivalente, ilustrado nesta mesma figura, na qual a fonte de tensão em corrente contínua (V_{LN2}), com

o valor de 77 V, representa a temperatura do ambiente externo ao r-LCCS refrigerado por LN₂ a 77 K. Esta representação por meio de circuitos elétricos possibilita as seguintes analogias entre: tensão (V) e temperatura (T); resistência de condução (R_{cond}) e o inverso da condutância térmica; resistência de convecção (R_{conv}) e o inverso da transferência convectiva; capacitância (Ca) e capacidade de armazenamento de calor; e fonte de corrente e taxa de fluxo de calor, relacionadas à geração interna de calor e expressas em potência (P).

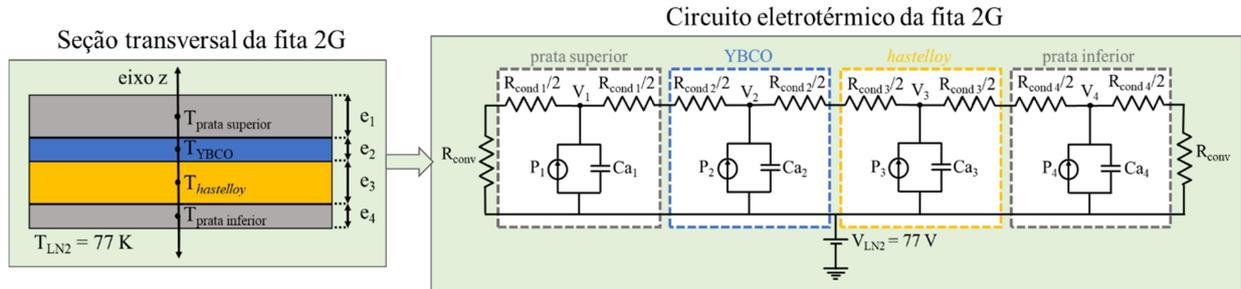


FIGURA 3 – Representação térmica do r-LCCS.

3.0 - MODELAGEM DA RD E DIMENSIONAMENTO DO R-LCCS

Através de dados reais recebidos da distribuidora Light S.A., foi possível realizar a implementação no ATP de uma parte da rede de distribuição contendo 3 subestações (SEs) abaixadoras: Eldorado, São Lourenço e Capivari, que possuem ao todo 8 ramais (alimentadores). A Figura 4 apresenta o diagrama unifilar da rede modelada, no qual (G) corresponde a fonte de tensão conectada na barra de 138 kV, limitada pela impedância equivalente do sistema (Z_{rede}) que define o nível de curto-circuito na entrada da SE Eldorado. A RD existente é constituída por três transformadores monofásicos de 12 MVA, alcançando 36 MVA, 138 kV para 25,6 kV, ligados em delta-delta, além de um transformador de aterramento (T_{zigzag}) ligado no circuito de 13,8 kV na subestação Eldorado. Já as SEs São Lourenço e Capivari são compostas por transformadores trifásicos de 3 MVA, 25,6 kV para 13,8 kV, ligados em delta-estrela aterrada. Pode-se ainda observar a presença de dois transformadores de 3 MVA (Trafo_x) e de 1,5 MVA (Trafo_y), 25,6 kV para 220 V, referentes aos clientes ECD730113 e ECD830111, respectivamente.

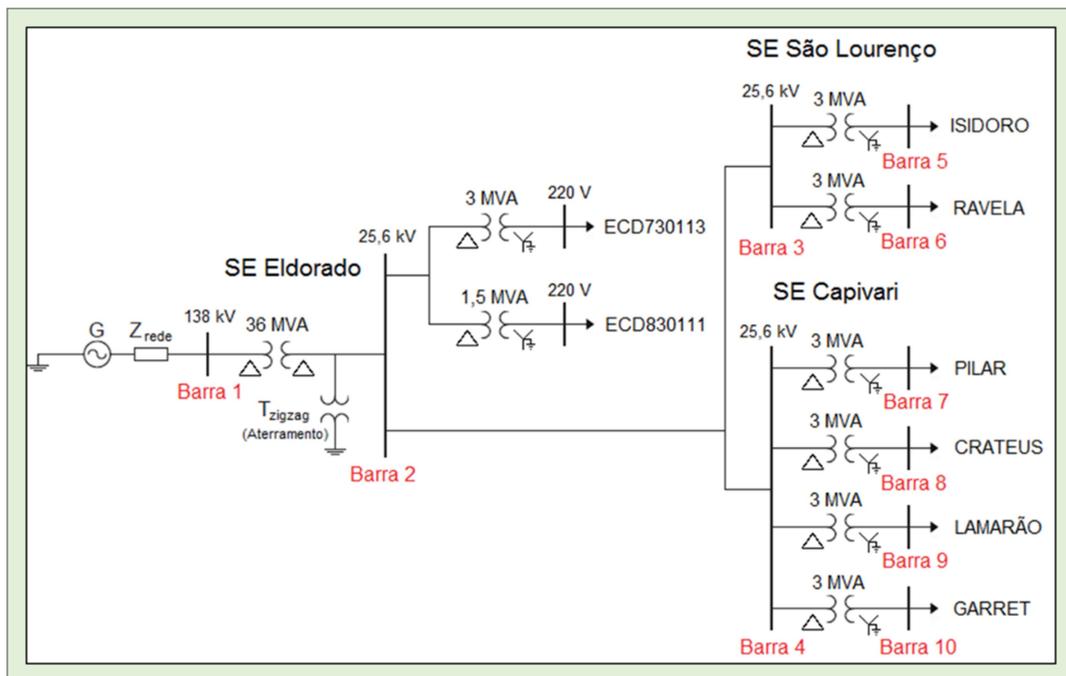


FIGURA 4 – Diagrama unifilar da RD simulada.

A fim de analisar a convergência do modelo da RD em relação aos seus níveis de curto-circuito, foram comparados os resultados do modelo no ATP para falhas trifásicas nas 10 barras destacadas em vermelho na Figura 4, com os encontrados via simulação ANAFAS (Análise de Falhas Simultâneas) pela concessionária. O tempo total de simulação foi de 0,18 s, dividido conforme os seguintes eventos: de 0 a 0,03 s em operação normal; 0,03 a 0,15 s o curto-circuito é aplicado, no momento em que o ângulo da tensão da fase A é igual a 0, a fim de aproximar ao valor máximo da componente contínua; e de 0,15 a 0,18 s o sistema retorna ao estado normal de operação. A partir dos resultados entre os dois softwares, os desvios apresentados na Tabela 1 correspondem a possíveis divergências entre as impedâncias equivalentes de curto-circuito, no entanto não interferem na validação do modelo uma vez

que a ordem de grandeza das correntes em regime permanente é próxima. Com base na Tabela 1, foram escolhidos dois pontos para análise e inserção do r-LCCS, sendo as barras 2 e 7 para as tensões de 25,6 kV e 13,8 kV, respectivamente, devido as maiores correntes assimétricas existentes nas tensões especificadas.

TABELA 1 – Valores das correntes de curto-circuito trifásico.

Barra	Local de Curto-Circuito	Tensão [kV]	I_{assim} [kA _{pico}]	I_{regim} [kA _{rms}]		
				ATPDraw	ANAFAS	Desvio [%]
1	Entrada da SE Eldorado	138	26,58	11,29	11,30	0,09
2	Saída da SE Eldorado	25,6	24,82	9,0	8,74	2,97
3	Entrada da SE São Lourenço	25,6	12,96	5,96	5,86	1,71
4	Entrada da SE Capivari	25,6	17,01	7,22	7,08	1,98
5	Saída do ramal Isidoro	13,8	5,43	2,06	2,23	7,62
6	Saída do ramal Ravena	13,8	5,42	2,06	2,23	7,62
7	Saída do ramal Pilar	13,8	5,61	2,25	2,30	2,17
8	Saída do ramal Crateus	13,2	5,57	2,23	2,23	0
9	Saída do ramal Lamarão	13,8	5,32	2,13	2,17	1,84
10	Saída do ramal Garret	13,8	5,19	2,07	2,11	1,90

Tendo em vista a Tabela 1 e as duas barras selecionadas para análise, podem-se distinguir os modelos de r-LCCS a serem dimensionados em duas classes expostas na Tabela 2. Atendendo a uma redução em torno de 80 % ($0,2 \times I_{regim}$) da corrente prospectiva (sem a presença de LCC), o dimensionamento do elemento *Shunt* pode ser calculado através das Equações (6) e (7), nas quais (U_n) é a tensão de linha em que o reator de núcleo de ar será conectado, (k) é o fator de sobretensão no valor de 1,05 de acordo com o ANSI C57.16, (i_{lim}) é a corrente limitada do circuito com a inserção do LCC, (i_{pro}) é a corrente prospectiva e (f) é a frequência da rede.

TABELA 2 – Classificação dos modelos de r-LCCS.

Classe	Tensão [kV]		I_{max} [A _{rms}]	I_{assim} [kA _{pico}]	I_{regim} [kA _{rms}]
	Linha	Fase			
A	25,6	14,78	1000	25	10
B	13,8	7,96	200	10	3

$$X_L = \frac{U_n \cdot k}{\sqrt{3}} \left(\frac{1}{i_{lim}} - \frac{1}{i_{pro}} \right) \quad (6)$$

$$L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} \quad (7)$$

Com relação ao dimensionamento da fita supercondutora 2G, calcula-se seu comprimento mínimo por fase (d), indicado na Equação (8), necessário para que não ocorra a degradação da fita durante a condução de corrente no estado normal, com base na queda de tensão máxima de 0,5 V/cm. Também é dimensionado o número de fitas em paralelo para garantir que o r-LCCS opera apenas a partir de um determinado valor de corrente máxima conforme a Equação (9), de acordo com sua corrente crítica. O dimensionamento definido para os modelos de r-LCCS das classes A e B pode ser observado na Tabela 3.

$$d = \frac{U_n / \sqrt{3}}{0,5} \quad (8)$$

$$n^{\circ}_{fitas} \cong \frac{I_{max} [A_{rms}]}{I_c} \sqrt{2} \quad (9)$$

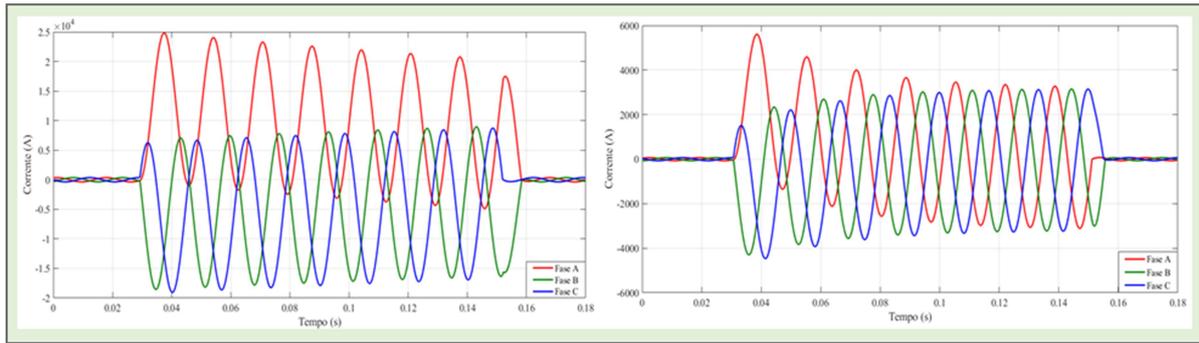
TABELA 3 – Quantitativo de fitas 2G para dimensionamento dos r-LCCS.

Classe	Tensão de Fase [kV]	I_{max}		n°_{fitas}	d [m]	d_{TOTAL} [m] (nas 3 fases)	Elemento <i>Shunt</i> [Ω] (Reator de Núcleo de Ar)
		[A _{rms}]	[A _{pico}]				
A	14,78	1000	1414,2	5	300	4500	6,21
B	7,96	200	282,8	1	160	480	11,15

4.0 - RESULTADOS

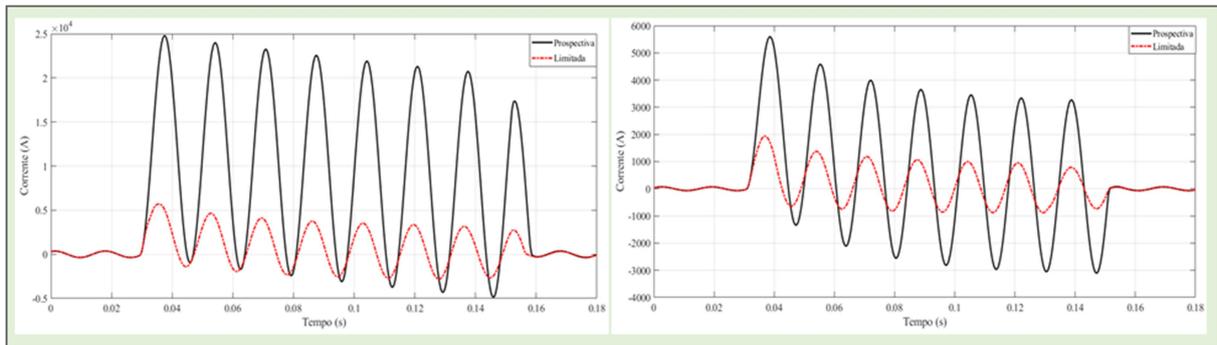
Através das simulações realizadas no ATP, os gráficos com os resultados de tensão e corrente obtidos nas barras 2 e 7, correspondentes as classes A e B de r-LCCS respectivamente, podem ser observados da Figura 5 a Figura 9. No instante 0 a 0,03 s e de 0,15 a 0,18 s o sistema encontra-se em operação normal (sem curto-circuito)

e, entre 0,03 a 0,15 s o curto-circuito é aplicado quando o ângulo da tensão na fase A é igual a 0. A Figura 5 apresenta as correntes prospectivas obtidas para as barras 2 e 7. Nela é possível observar a corrente assimétrica de 24,82 A_{pico} e 5,61 A_{pico}, e em regime permanente de 9,0 A_{rms} e 2,25 A_{rms}, para as barras 2 e 7, respectivamente, conforme os valores já apresentados na Tabela 1.



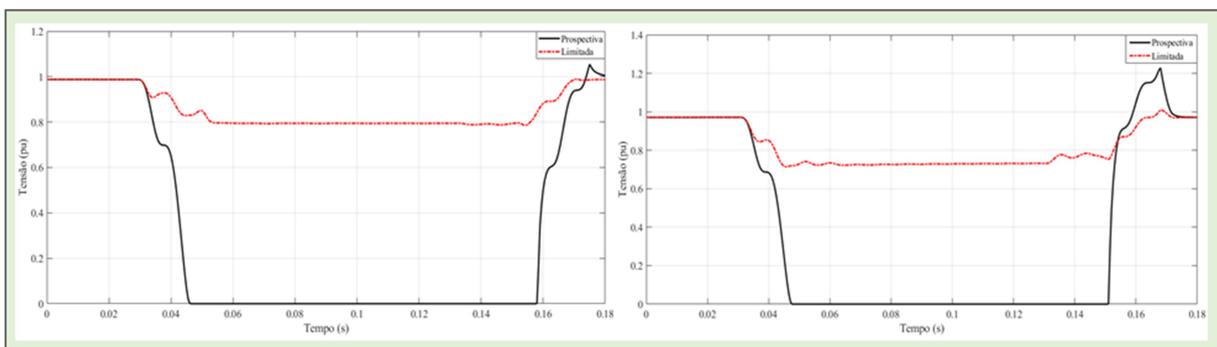
(a) (b)
FIGURA 5 – Forma de onda das correntes prospectivas nas barras 2 (a) e 7 (b).

A partir da Figura 6 é possível constatar que com a inserção dos modelos de r-LCCS, o primeiro pico da corrente de curto-circuito assimétrica na barra 2 foi de 5,69 kA_{pico}, representando uma redução de 77,8 % em comparação com a corrente prospectiva (sem limitador). Esta mesma análise pode ser feita para a barra 7, de modo que o emprego do r-LCCS proporcionou uma atenuação de 76,3 % no primeiro pico da corrente (com base na prospectiva), para o valor máximo de 1,94 kA_{pico}.



(a) (b)
FIGURA 6 – Correntes prospectiva e limitada na fase A nas barras 2 (a) e 7 (b).

Com relação às tensões nas duas barras dadas em (pu) na Figura 7, durante a ocorrência do curto-circuito trifásico (0,03 s a 0,15 s) sem a utilização de r-LCCS, as tensões nestes locais vão a zero. Aplicando-se o r-LCCS, as tensões permaneceram em 0,8 pu na barra 2 e 0,75 pu na barra 7, durante a maior parte do evento de falha. De acordo com o Módulo 8 do PRODIST da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) (7), as tensões nas duas barras alteraram a classificação de VTCD (Variação de Tensão de Curta Duração) de “Interrupção Momentânea de Tensão” para “Afundamento Momentâneo de Tensão”, indicando uma melhora significativa nos indicadores de qualidade do produto.



(a) (b)
FIGURA 7 – Tensões na fase A das barras 2 (a) e 7 (b), sem e com a aplicação de r-LCCS.

A Figura 8 apresenta a variação das resistências das fitas 2G antes, durante e após a corrente de curto-circuito, para as classes A e B. Verificou-se o aumento das resistências durante a ocorrência da falha, alcançando os valores máximos de 36 Ω e 17,5 Ω nas barras 2 e 7, respectivamente. Após a extinção do curto-circuito em 0,15 s, o valor de R_{fita} diminui nos dois casos até as camadas supercondutoras voltarem para o estado supercondutor (R_{fita} igual a 0) em menos de 1 s.

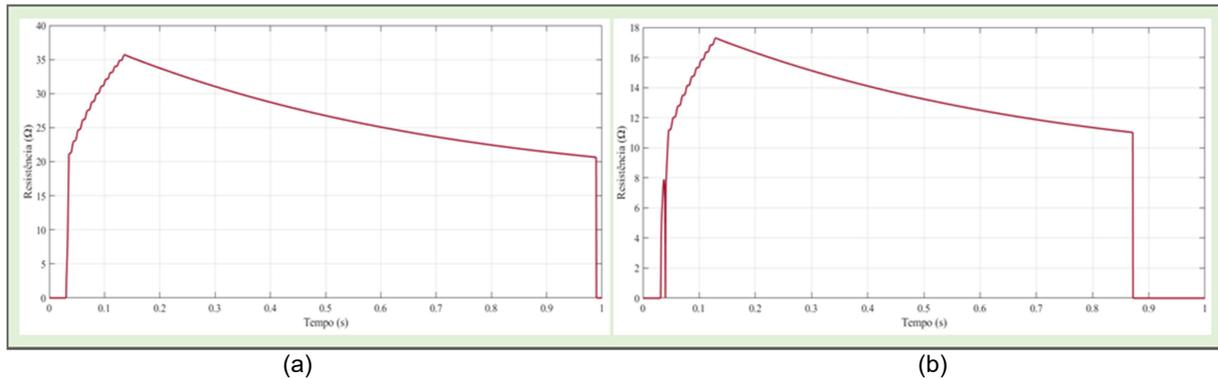


FIGURA 8 – Variação das resistências das fitas 2G nas fases A nas barras 2 (a) e 7 (b).

Por meio da Figura 9 é possível constatar a variação da temperatura das fitas 2G, ao longo da simulação. Antes do evento de curto-circuito, as temperaturas se encontram estabilizadas em 77 K, devido ao meio refrigerante (LN_2). Com o evento de falha as temperaturas chegaram a 146 K e 134 K em 0,15 s para as barras 2 e 7, respectivamente. Foi verificado que estes valores máximos obtidos para o pior caso analisado (curto-circuito trifásico) ficaram abaixo da temperatura limite de 473 K por até 5 minutos, de acordo com a folha de dados da fita 2G utilizada para modelagem (8). Também foi observado um tempo de recuperação de mais de 3 s para que as fitas 2G se equalizem com o meio refrigerante a 77 K, em ambos os r-LCCS.

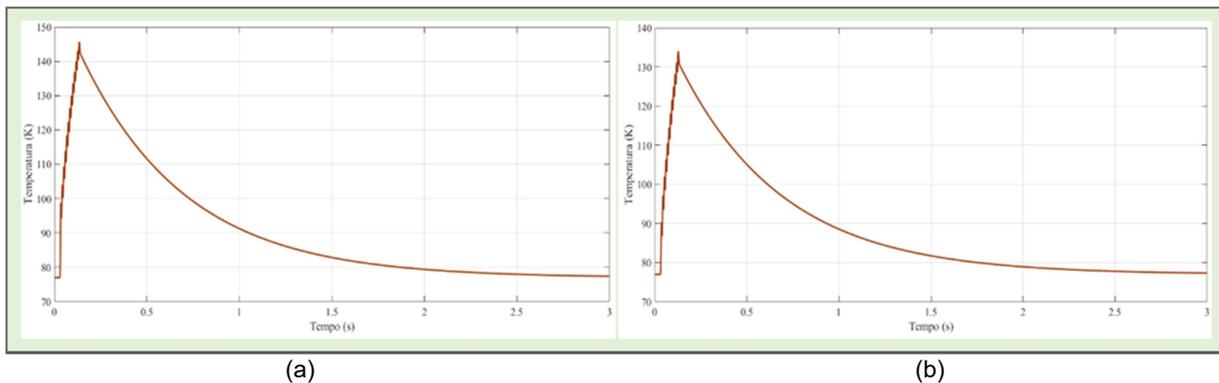


FIGURA 9 – Variação das temperaturas das fitas 2G nas fases A das barras 2 (a) e 7 (b).

5.0 - CONCLUSÃO

Este artigo apresentou um estudo da aplicação de um r-LCCS em sistemas de distribuição de energia elétrica. O modelo desenvolvido apresentou resultados convergentes aos exibidos em ensaios e simulações encontrados na literatura, possibilitando sua aplicação em simulações computacionais. Os resultados obtidos com a inserção destes dispositivos na RD modelada indicaram uma redução de mais de 70 % da corrente de curto-circuito, tanto no primeiro pico assimétrico, quanto em regime permanente, sem causar deformações significativas na forma de onda. Além disso, o r-LCCS demonstrou capacidade de minimizar as interrupções e/ou afundamentos de tensões causadas por estes eventos de curto-circuito, devido sua rápida atuação (em menos de $\frac{1}{4}$ de ciclo) com inserção de uma impedância limitadora em série com o sistema curto-circuitado, melhorando indicadores relacionados à VTCD, referente à qualidade no fornecimento de energia.

6.0 - AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CEPEL, FAPERJ, CNPq, CNPq/INERGE e ao P&D ANEEL - LIGHT S.A. "Limitador de Corrente de Curto-Circuito Híbrido para Sistemas de Distribuição" pelo apoio financeiro para desenvolvimento deste trabalho.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) REBIZANT, W. et. al. Coordination of overcurrent protection relays in networks with superconducting fault current limiters. *Electrical Power and Energy Systems*, Elsevier: v. 95, p. 307-314, ago. 2017.
- (2) SCHETTINO, H. J. Análise de limitador de corrente supercondutor resistivo para inserção de geradores ao sistema de transmissão. Rio de Janeiro, 2016. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- (3) LIANG, F. et. al. Experimental test of two types of non-inductive solenoidal coils for superconducting fault current limiters use. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. v.27, n.4, p.01-05, jun. 2017.
- (4) GARCIA, W. R. L. et. al. Technical and economic analysis of the r-type SFCL for HVDC grids protection. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. v.27, n.7, p. 01-09, 2017.
- (5) ELSCHNER, S. et. al. ENSYSTROB: resistive fault current limiter based on coated conductors for medium voltage application. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, New York: IEEE, v. 21, n. 3, p. 1209-1212, jun. 2011.
- (6) SOUSA, W. T. B. Transient simulations of superconducting fault current limiters. Rio de Janeiro, 2015. 192 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- (7) PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. Módulo 8 - Qualidade da Energia Elétrica. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica: Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em 20-04-2019.
- (8) SUPERPOWER. Soldering Instructions - SuperPower 2G HTS Wire has excellent soldering characteristics. Empresa SuperPower. Disponível em: <http://www.superpower-inc.com>. Acesso em 20-04-2019.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Alexander Polasek graduou-se pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1995), onde também obteve os títulos de Mestre (1997) e Doutor (2002) em Ciência e Engenharia de Materiais. Parte de seu doutorado foi realizada no Max-Planck-Institut für Metallforschung, em Stuttgart, Alemanha. É pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel). Atua na pesquisa e no desenvolvimento de materiais e equipamentos supercondutores para o setor elétrico de potência. Também atua em P&D de nanocompósitos poliméricos para isolamento elétrico e na pesquisa de baterias avançadas para armazenamento de energia. É Sênior Member do IEEE, membro do CE D1 e de Working Groups internacionais do CIGRE.

André Tiago Queiroz é doutorando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal Fluminense (UFF), iniciado em março de 2019, Mestre em Montagem Industrial pela UFF em março de 2019, graduado em Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas de Energia Elétrica, pela Universidade Federal de Uberlândia em maio de 2013. Suas experiências profissionais incluem atividades de elaboração e execução de projetos elétricos, de eficiência energética e de segurança em eletricidade nas empresas: Araguaia Engenharia, Belut Engenharia e Enseada Indústria Naval. Atualmente, é bolsista no Laboratório de Cerâmicos Avançados do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), trabalhando em projetos ligados a limitadores de corrente de curto-circuito supercondutores.

Guilherme Gonçalves Sotelo recebeu o título de Doutor em Engenharia Elétrica em 2007, mestre em Engenharia Elétrica em 2003, ambos pela COPPE e graduou-se em Física em 2001 pela UFRJ e em Engenharia Elétrica em 2008. Atuou como pesquisador do veículo de levitação magnética MagLev-Cobra, entre 2007 e 2009. Fez pós-doutorado pelo Institute of Materials Science de Barcelona entre 2015 e 2016. É professor associado do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal Fluminense. Tem atuado em diversos projetos de pesquisas envolvendo o desenvolvimento de equipamentos elétricos utilizando fios supercondutores comerciais. É autor de mais de 40 artigos em periódicos indexados internacionais.

Felipe Sass possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal Fluminense (2008), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2011) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2015). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal Fluminense. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Circuitos Elétricos, Magnéticos e

Eletrônicos, atuando principalmente no desenvolvimento de dispositivos supercondutores.

Daniel Henrique Nogueira Dias possui graduação em Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2003), mestrado em Física pela Universidade Federal Fluminense (2005), Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2009) e graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2011). Atualmente exerce o cargo de Professor Associado da Universidade Federal Fluminense no Departamento de Engenharia Elétrica. Tem experiência na área de Sistemas de Energia Elétrica, atuando principalmente nos seguintes temas: Modelagem de materiais supercondutores para aplicação em equipamentos elétricos, mobilidade elétrica e sistemas de geração fotovoltaica de energia.

Bruno Wanderley França possui doutorado (2016) e mestrado (2012) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ. Possui graduação (2009) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (CUM LAUDE). Atualmente é Professor Adjunto nível AII da Universidade Federal Fluminense e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações, PPGEET/UFF. É membro do IEEE desde 2013 (Seção Rio de Janeiro), membro da Sociedade Brasileira de Eletrônica de Potência desde 2009 (SOBRAEP) e membro do IEEE Industry Applications Society desde 2019. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, onde atua principalmente nos temas de Eletrônica de Potência, Geração Distribuída, Qualidade de Energia, Fontes Renováveis, Equipamentos FACTS e Filtros Ativos.

Monique Costa de Lima possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal Fluminense (2017). Atualmente é mestranda em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações pela Universidade Federal Fluminense. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Circuitos Elétricos, atuando principalmente no estudo computacional e montagem de dispositivos limitadores de corrente de curto-circuito. Trabalhou no Laboratório de Luminotécnica da UFF (LABLUX) acreditado pelo INMETRO nas áreas de luminotécnica, eficiência energética e qualidade de energia.

Leandro Henrique do Carmo possui Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF (2004), Pós-Graduação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ (2016), Gerente de contrato de prestação de Serviços de Distribuição para Light S.A nas Parceiras (SOTER E EZENTIS – 2006 a 2008), atualmente trabalhando na Light S.A. desde 2009 como Engenheiro de Campo. Atuando principalmente na parte de Planejamento e Construção de Subestações do Sistema Distribuidor.

Victor Sampaio Cruz possui Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal Fluminense – UFF (2014), cursando Pós-Graduação em Gestão de Energia e Eficiência Energética – LATEC (2019). Atualmente exercendo o cargo de Engenheiro de Campo na Light S.A. desde 2015 no setor de Engenharia da Distribuição, atuando principalmente na padronização de materiais, equipamentos e procedimentos para as turmas de campo.