



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

BR/GSE/06
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO – VIII

GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO - GSE

SIMULAÇÃO E ENSAIOS DE DISPOSITIVOS LIMITADORES DE CORRENTE SUPERCONDUTORES

Alexander Polasek (*)
CEPEL

Rodrigo Dias
CEPEL

Fábio A. da Silva
CEPEL

Orsino Borges Filho
CEPEL

Wescley T.B. de Sousa
COPPE-UFRJ

Rubens de Andrade Jr.
COPPE-UFRJ

RESUMO

Limitadores de corrente de curto-circuito supercondutores (LCSC's) encontram-se em franco desenvolvimento. Dentre os vários tipos de LCSC, os do tipo resistivo são os primeiros a entrar no mercado. No presente trabalho, investigamos dispositivos LCSC resistivos. Simulações e ensaios mostraram que os dispositivos empregados foram capazes de reduzir correntes presumidas de até 100 kA_{pico} a 11 kA_{pico} no primeiro quarto de ciclo. A simulação mostrou boa concordância com os resultados de ensaios e forneceu uma ótima aproximação para um fenômeno complexo, sobretudo pela sua dinâmica não-linear.

PALAVRAS-CHAVE

Limitador de Corrente de Curto-Circuito, Supercondutor, Modelagem, Simulação, Ensaios

1.0 - INTRODUÇÃO

Limitadores de corrente de curto-circuito supercondutores (LCSC's) encontram-se em franco desenvolvimento. Já há dispositivos comerciais para média tensão, enquanto começam a surgir os primeiros protótipos para alta tensão (1,2). Dentre os vários tipos de LCSC, os do tipo resistivo são atualmente os mais promissores para aplicações comerciais. O LCSC resistivo baseia-se na rápida transição do supercondutor frente a correntes de curto-circuito, o que provoca um súbito aumento de impedância na rede. Após o curto-circuito, o dispositivo volta ao estado supercondutor, praticamente não interferindo na operação normal da rede.

No presente trabalho, investigamos a modelagem e a simulação de dispositivos LCSC resistivos. Os resultados da simulação foram comparados a resultados de ensaios realizados no CEPEL. Os dispositivos investigados já são comercializados na forma de módulos que podem ser conectados em série e em paralelo de acordo com a tensão e a corrente nominal desejadas. Esta característica modular permite uma considerável flexibilidade em função de cada aplicação na rede. Os módulos investigados no presente trabalho baseiam-se no supercondutor de alta temperatura crítica BSCCO-2212 (1,2,3); a sigla BSCCO refere-se aos elementos químicos que compõe o material (bismuto, estrôncio, cálcio, cobre e oxigênio).

O supercondutor funciona como uma resistência não-linear que varia com a corrente e com a temperatura. A modelagem baseia-se na curva E-J (Figura 1) que descreve a transição de materiais supercondutores e que pode ser escrita como (3,4):

$$E = E_c \left(\frac{J}{J_c(T)} \right)^n \quad \text{Equação 1}$$

(*) CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - Departamento de Tecnologias Especiais,
Grupo ELETROBRÁS, Av. Horácio Macedo, 354, 21941-911 - Rio de Janeiro - RJ – Brasil,
Tel: (+55 21) 2598-6069, Fax: (+55-21) 2280-3537, E-mail: polasek@cepel.br

Nesta equação, J é a densidade de corrente que flui pelo supercondutor, J_c é a densidade de corrente crítica (função da temperatura), E_c é o campo elétrico crítico e E é o campo elétrico ao longo do supercondutor. Por definição, J_c é a maior densidade de corrente que o supercondutor pode transportar sem perdas. O valor de J_c é obtido a partir da razão I_c/A , onde I_c é a corrente crítica e A é a área da seção transversal do supercondutor. O valor de I_c é obtido experimentalmente através do levantamento de curvas tensão x corrente ($V \times I$).

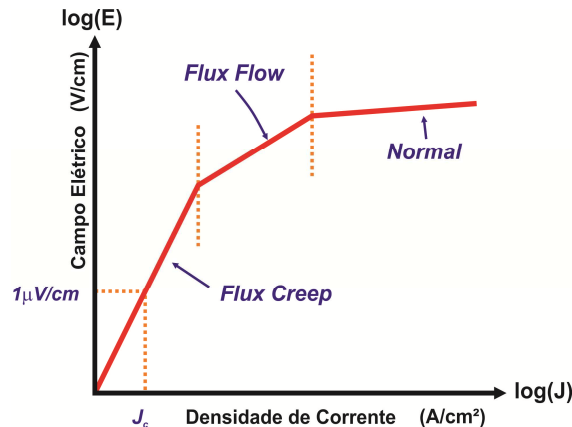


Figura 1 – Curva E-J característica de materiais supercondutores em escala logarítmica (3)

A Figura 1 mostra, de forma simplificada, que a transição do estado supercondutor ao estado normal (não supercondutor) dá-se em estágios (3, 4). Estes estágios estão relacionados ao movimento de vórtices magnéticos presentes no supercondutor. O aumento da corrente leva a um aumento da força de Lorentz atuante nos vórtices provocando seu movimento e a consequente dissipação de calor, provocando o aumento da temperatura do supercondutor. A transição ocorre quando a temperatura supera o valor de temperatura crítica de transição (T_c) do supercondutor. No primeiro estágio da transição (*Flux Creep*), o expoente n é uma função da temperatura e seu valor situa-se entre 5 e 50, dependendo do material supercondutor; no segundo estágio (*Flux Flow*), n situa-se entre 2 e 4 e no terceiro estágio (Normal), $n = 1$ e o material se comporta como um resistor ôhmico. Uma vez que se tem o valor de E em diferentes pontos da transição, é possível obter o valor da resistividade do material. As trocas de calor e a temperatura instantânea do sistema são calculadas através de um sistema de equações diferenciais de primeira ordem. O programa Matlab/SimulinkTM foi empregado para as simulações. Como resultado obteve-se a evolução da temperatura e da resistência do material, o que permite simular a atuação do LCSC.

As simulações e os ensaios mostraram que o dispositivo empregado foi capaz de reduzir correntes presumidas de 7-100 kA_{pico} a 6-11 kA_{pico} no primeiro quarto de ciclo. A corrente limitada apresentou-se praticamente simétrica e em fase com a tensão entre os terminais dos dispositivos. A partir de um certo valor de corrente presumida, os valores de corrente limitada apresentam baixa correlação com os valores de corrente presumida. A simulação apresentou bom acordo com os ensaios realizados no CEPEL. Para a realização dos ensaios, os módulos supercondutores foram refrigerados em banho de nitrogênio líquido (77 Kelvin), temperatura típica de operação do material empregado.

2.0 - DISPOSITIVO SUPERCONDUTOR

Módulos limitadores comerciais foram utilizados nos ensaios. Estes módulos consistem de elementos helicoidais à base do supercondutor BSCCO-2212 revestidos com uma liga metálica de baixa condutividade. Esta liga é soldada ao longo de todo o elemento, atuando como shunt durante a limitação de corrente. Detalhes sobre estes módulos limitadores podem ser encontrados em (5). O shunt promove a homogeneidade da transição do supercondutor para o estado normal, evitando a propagação de pontos quentes oriundos de heterogeneidades intrínsecas ao cerâmico supercondutor. Quando o supercondutor transita para o estado normal, a maior parte da corrente flui pelo shunt. Cada módulo limitador é dotado de terminais de cobre em suas extremidades possibilitando a conexão em série e/ou em paralelo com outros módulos similares, para atender às especificações de tensão e corrente nominais para cada aplicação.

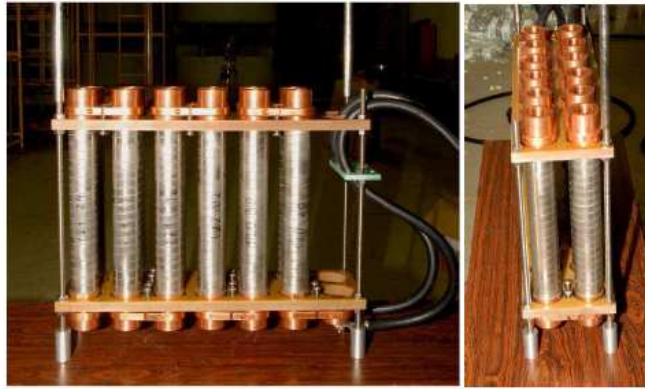


Figura 2 – Conjunto de módulos limitadores supercondutores conectados em série.

A foto à esquerda mostra os cabos empregados para conectar os limitadores ao circuito de ensaios do CEPEL

Ao todo, 12 módulos limitadores foram conectados em série através de abraçadeiras de cobre. O conjunto foi montado em uma estrutura projetada pelo fabricante para suportar as condições de ensaio em baixa temperatura. O conjunto de módulos pode ser observado na Figura 2, a qual mostra também hastes metálicas de suporte e placas à base de uma resina polimérica reforçada com fibra de vidro, a qual apresenta excelente comportamento mecânico e alta rigidez dielétrica quando resfriada em nitrogênio líquido (1).

Os módulos supercondutores utilizados no presente trabalho apresentam valores de corrente nominal de 330 A_{ef} e corrente crítica de transição (I_c) superior a 500 A CC, a temperatura do nitrogênio líquido (77 Kelvin). O valor da corrente nominal é significativamente inferior a I_c , de modo a evitar que ocorra transição para o estado normal durante a operação em regime permanente. A corrente crítica é medida em corrente contínua, pois corresponde ao maior valor de corrente que pode fluir no supercondutor sem que haja perdas; em corrente alternada, há perdas devido a um fenômeno de histerese magnética no supercondutor, a correntes parasitas nas partes metálicas não supercondutoras e a outros efeitos (7). Em fios supercondutores para aplicações e em equipamentos adequadamente projetados, essas perdas são relativamente baixas se comparadas às perdas em condutores convencionais.

Cada módulo limitador empregado neste trabalho suporta uma tensão máxima de 135 V_{ef} entre seus terminais (0,5 V/cm). Deste modo, o conjunto mostrado na figura 2 suporta uma tensão máxima de 1,62 kV (135 V x 12). Outro fator crítico é o tempo de atuação destes dispositivos. Os módulos empregados suportam até 0,12 s sob condições de curto-circuito. Tais dispositivos modulares podem ser fabricados com diferentes geometrias, variando-se a seção reta e o comprimento total de modo a variar os valores de I_c , de corrente nominal e de tensão máxima suportável por módulo. A tensão máxima é definida em função do comprimento efetivo do *shunt*, de modo a evitar sobreaquecimento e danos ao dispositivo (5). Sobreensões também podem ocasionar a formação de arcos e a ruptura do dielétrico que separa as espiras supercondutoras.

3.0 - MODELAGEM

O modelo desenvolvido baseia-se na curva E-J (Figura 1 e Equação 1) e nas trocas de calor envolvidas durante a limitação de curto-circuito e o resfriamento subsequente (3,6). A Figura 3 mostra a geometria adotada para o modelo, com os materiais presentes em cada módulo limitador. Esta geometria simplificada foi considerada para a modelagem das trocas térmicas. A sigla FRP refere-se a *Fiber Reinforced Plastics*, i.e., um polímero reforçado com fibra de vidro utilizado para dar reforço mecânico ao módulo limitador.

Os seguintes pressupostos foram adotados:

- geometria simplificada (Figura 3);
- distribuição homogênea de corrente e temperatura em cada material constituinte do dispositivo;
- distribuição homogênea das propriedades supercondutoras (J_c e T_c);
- banho de nitrogênio líquido com temperatura constante (77 Kelvin);
- o efeito do campo magnético foi considerado desprezível dada a baixa indutância desses dispositivos de caráter resistivo;
- dada sua alta capacidade térmica, a temperatura da camada de FRP é considerada constante (77 Kelvin).

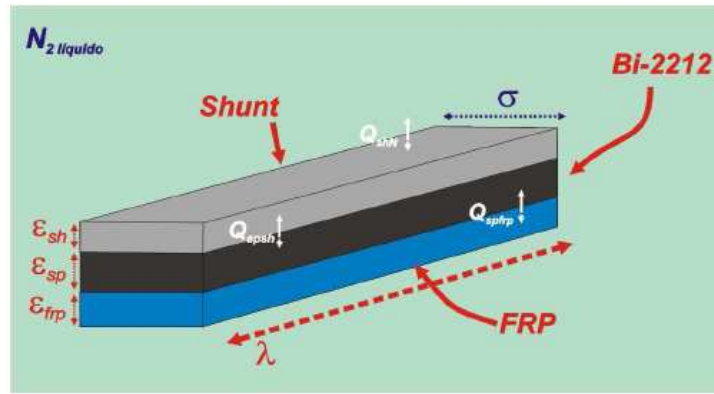


Figura 3 – Esquema simplificado dos materiais presentes no limitador (fora de escala) (3)

A evolução temporal da temperatura do supercondutor baseia-se no balanço térmico dado pela equação abaixo:

$$\rho c(T) \frac{dT_{sc}}{dt} = EJ - Q_1 - Q_2 \quad \text{Equação 2}$$

Na equação 2, J é a densidade de corrente que flui pelo material supercondutor, E é o campo elétrico dado pela equação 1, Q_1 é a taxa de transferência de calor por condução entre o supercondutor e o nitrogênio líquido (através do FRP), Q_2 é a taxa transferência de calor, também por condução, entre o supercondutor e o resistor *shunt*, ρ é a densidade mássica volumétrica do supercondutor (6.0 g/cm^3) e $c(T)$ é o calor específico do material supercondutor BSCCO 2212, em função da temperatura. Uma equação similar descreve o balanço térmico do *shunt*, considerando-se as trocas de calor por condução envolvendo *shunt* e supercondutor. Já a troca de calor entre o *shunt* e o nitrogênio líquido dá-se por convecção. As equações para o balanço térmico do supercondutor e do *shunt* formam um sistema de equações diferenciais fortemente acopladas, cuja solução não é trivial. As simulações foram realizadas com base nestas equações e na equação 1 (curva E-J), empregando-se MATLAB/Simulink™. Mais detalhes sobre a modelagem e a simulação podem ser encontrados em (3, 6).

4.0 - ENSAIOS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Alta Corrente do CEPEL (Unidade Adrianópolis). No presente trabalho, o circuito de ensaio foi configurado para aplicação de curtos monofásicos. O circuito empregado é representado esquematicamente pela figura 4. O curto-circuito é controlado pela abertura ou fechamento da chave S . Os valores das cargas R e L são variáveis.

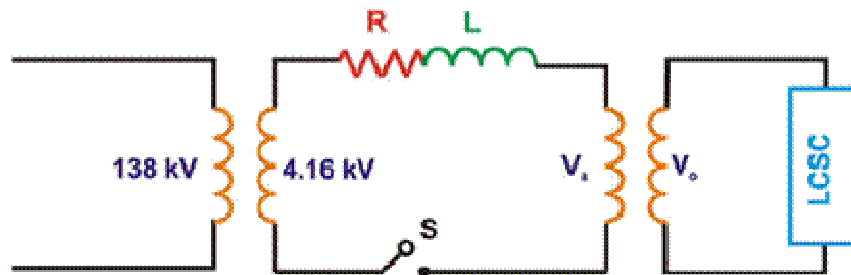


Figura 4 – Esquema simplificado do Circuito de Ensaio empregado no presente trabalho (Laboratório de Alta Corrente – CEPEL)

O LCSC foi conectado ao circuito através de cabos convencionais de cobre (Fig. 2). Adicionalmente, outros dois cabos conectaram um divisor de tensão aos terminais do LCSC. Os sinais de medição de corrente e de tensão foram transmitidos dos sensores ao sistema de aquisição de dados do laboratório por meio de fibras ópticas. Antes de cada ensaio de limitação de corrente, foi realizada uma aplicação de curto-circuito sem a presença do LCSC. No lugar do mesmo foi colocada uma barra de cobre, a fim de se medir o valor da corrente presumida. Cada ensaio teve a duração de 0,08 s. Em todos os ensaios, o LCSC permaneceu completamente submerso em banho de nitrogênio líquido, através de monitoração visual e reposição de nitrogênio líquido sempre que necessário. Os ensaios foram repetidos para cada valor de corrente presumida e de tensão V_o . Observou-se uma alta

repetibilidade dos resultados de cada ensaio, ocorrendo variações praticamente desprezíveis entre ensaios realizados nas mesmas condições.

5.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figura 5 mostra a variação da corrente limitada em função da corrente presumida para diferentes ensaios realizados (valor do primeiro pico). Em todos os casos, $V_o = 1,0 \text{ kV}_{ef}$ (Figura 4). As curvas tendem a um patamar de corrente limitada que pouco depende do valor da corrente presumida. O mesmo comportamento foi observado em ensaios similares com diferentes materiais supercondutores em diferentes níveis de tensão V_o (8). Esta característica é típica dos LCSC's do tipo resistivo, independentemente do material supercondutor empregado. Tal característica está relacionada ao comportamento da curva E-J (Figura 1).

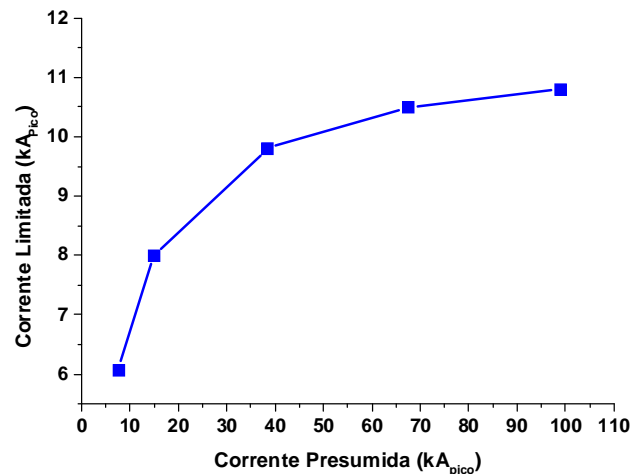


Figura 5 – Corrente limitada em função da corrente presumida (primeiro pico)

A Fig. 6 mostra o oscilograma de um ensaio de limitação. A corrente presumida foi de $99,0 \text{ kA}_{pico}$ no primeiro pico ($67,0 \text{ kA}_{ef}$), com $V_o = 1,0 \text{ kV}_{ef}$. O LCSC limitou a corrente presumida a apenas $11,0 \text{ kA}_{pico}$ no primeiro pico e $6,0 \text{ kA}_{pico}$ nos picos subseqüentes ($2,3 \text{ kA}_{ef}$), com tensão de $\sim 1,0 \text{ kV}_{ef}$ medida entre seus terminais. Dado o caráter resistivo do limitador, observa-se que a corrente limitada fica em fase com a tensão.

A diferença entre o primeiro pico de corrente e os picos subseqüentes deve-se à transição do supercondutor para o estado normal (6); quando esta transição se completa, o material atinge um valor de resistência muito superior à do shunt, de modo que quase toda a corrente passa a circular pelo shunt até que o disjuntor seja aberto. No shunt, a corrente tende a um valor praticamente constante, já que sua resistência pouco depende da temperatura (5). Apesar de o limitador começar a atuar em menos de $\frac{1}{4}$ de ciclo, a resistência do elemento supercondutor continua aumentando até atingir um valor máximo de saturação. Isto se deve à inércia térmica deste elemento. Quanto maior for a diferença entre o valor da sobrecorrente no supercondutor e o valor de I_c , mais rápida será esta transição do estado supercondutor para o estado normal, devido à maior quantidade de energia envolvida.

As figuras 7 e 8 mostram um razoável acordo entre os resultados simulados e os resultados do ensaio. As ligeiras divergências observadas podem ser corrigidas através de aperfeiçoamentos do modelo e da simulação, mas pode-se considerar que os resultados são adequados para fins práticos. A maior divergência ocorre no primeiro meio-ciclo da corrente limitada, o que está relacionado à transição do estado supercondutor para o estado normal. Ocorre que no presente modelo, considerou-se uma distribuição homogênea de propriedades no material supercondutor de cada módulo, quando na realidade os valores de I_c e T_c variam localmente devido a heterogeneidades intrínsecas do material. Além disso, os 12 módulos não apresentam exatamente o mesmo valor nominal de I_c , de modo que podem transitar em momentos diferentes. Para efeito de simulação, considerou-se a I_c média dos doze componentes. De todo modo, em função dos resultados mostrados nas Figuras 7 e 8 pode-se considerar que os pressupostos simplificadores adotados no presente modelo são razoáveis, fornecendo uma boa aproximação para o comportamento do dispositivo.

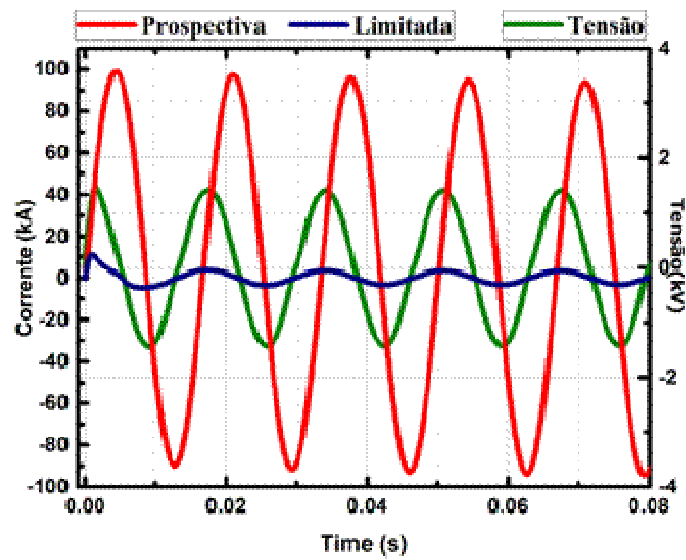


Figura 6- Oscilograma de ensaio de limitação de corrente

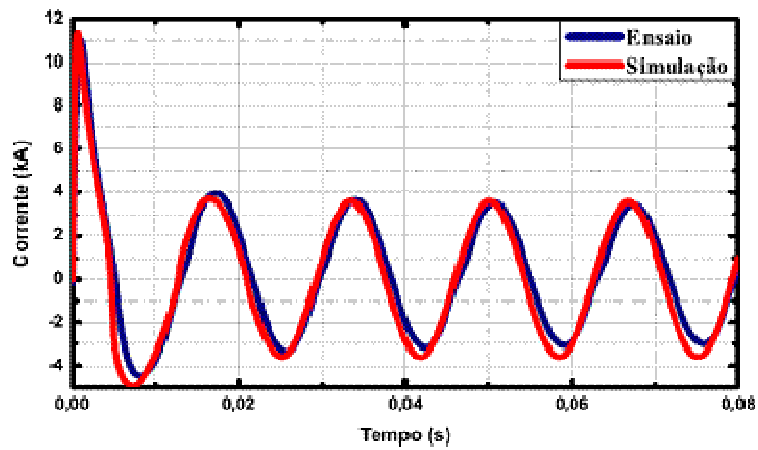


Figura 7 – Corrente limitada pelo LCSC

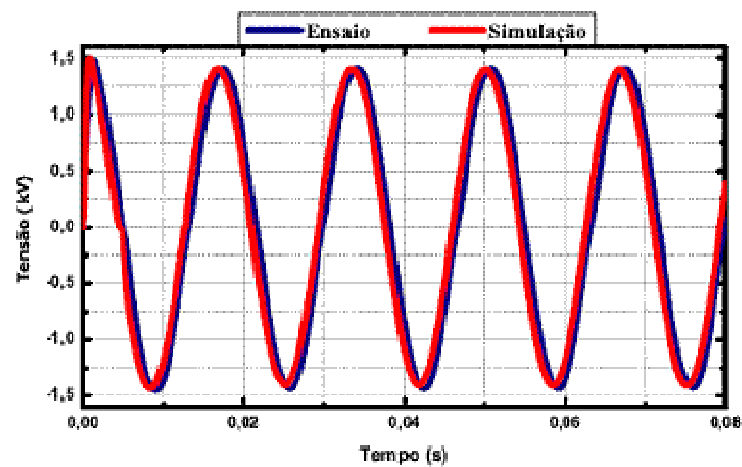


Figura 8 – Tensão medida nos terminais do LCSC durante a limitação de corrente

A figura 9 apresenta a simulação da evolução da temperatura do supercondutor e do *shunt* durante a limitação de corrente. Observa-se que a temperatura do supercondutor sobe abruptamente durante a transição inicial, variando pouco após a transição, posto que a maior parte da corrente passa a fluir pelo *shunt*. Já a temperatura deste continua aumentando.

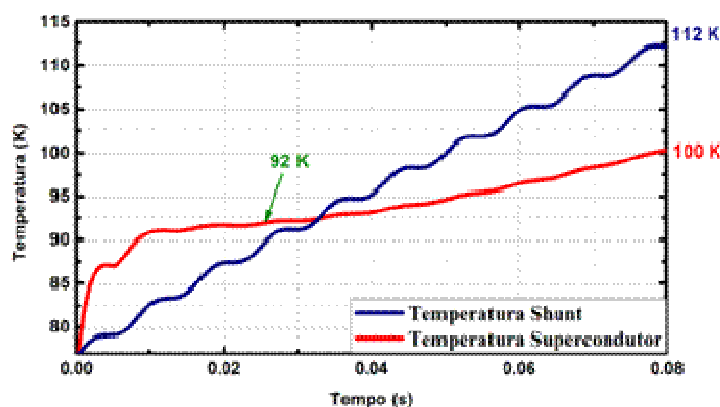


Figura 9 – Evolução de temperatura durante a limitação de corrente de curto-circuito

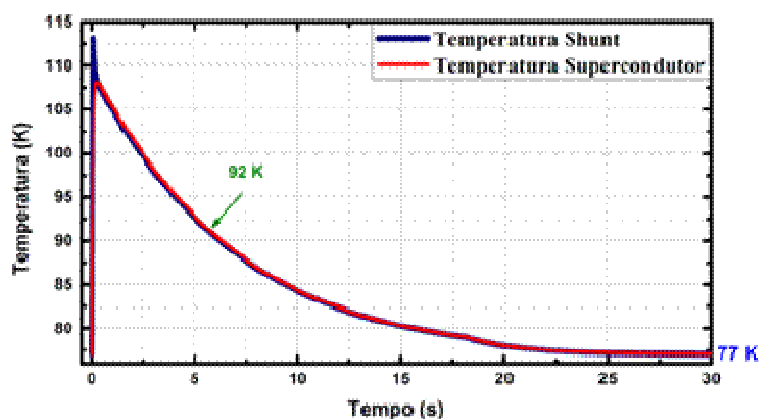


Figura 10 - Evolução de temperatura após a interrupção do curto-circuito

A Figura 10 mostra a simulação da evolução térmica após a interrupção do curto-circuito (abertura da chave S na Figura 4). Nota-se que o supercondutor e o *shunt* levam cerca de 30 s para retornar à temperatura de equilíbrio do banho de nitrogênio líquido (77 K). Os parâmetros apresentados nas Figuras 9 e 10 são de difícil acesso experimental, mas os resultados obtidos concordam com informações do fabricante e com a literatura (9,10). Contudo, é importante observar que o fabricante recomenda tempos maiores de recuperação para que o LCSC possa atuar novamente em segurança. Isso pode ser atribuído ao fato de que o material supercondutor apresenta variações locais em suas propriedades, de modo que a transição não é homogênea e consequentemente a temperatura varia localmente. Logo, alguns pontos podem levar mais tempo para resfriar do que indica a Figura 10.

6.0 - CONCLUSÃO

Os resultados mostraram a efetividade do dispositivo na limitação de correntes de curto-circuito. Contudo, os módulos empregados requerem um intervalo de tempo significativo de intervalo entre aplicações sucessivas de curto-circuito, a fim de poderem operar novamente em segurança. Isso limita as possibilidades de aplicação destes limitadores na rede. Atualmente, outros materiais supercondutores e diferentes geometrias e configurações têm mostrado uma redução significativa no tempo de recuperação. Outro modo de contornar esta limitação é conectar um reator *shunt* em paralelo ao limitador de corrente.

Por outro lado, o limitador supercondutor do tipo resistivo apresenta certas vantagens, como a baixa correlação entre a corrente limitada e a corrente presumida e atuação independente de qualquer sensor ou mecanismo de

atuação externo. Os resultados de simulação mostraram que um modelo relativamente simples é capaz de prever o comportamento do limitador, bem como fornecer informações sobre a variação de temperatura no dispositivo, que é de difícil acesso experimental. Limitadores supercondutores à base da tecnologia empregada no presente estudo já começam a entrar no mercado. A escolha do material supercondutor e da configuração (tensão e corrente nominais) dependem dos requisitos de cada aplicação específica na rede elétrica.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CIGRE WG D1.15 Status of development and field test experience with high-temperature superconducting power equipment, CIGRE Tech. Broch., No 418, Junho 2010, França.
- (2) Dommerque R., et al. First commercial medium voltage superconducting, fault current limiters: Production, test and installation, Supercond. Sci. Technol., Vol. 23, No. 03, p. 034020, Janeiro 2010, Inglaterra.
- (3) de Sousa W. T. B. Simulações e Ensaio com Limitadores de Corrente de Curto-Circuito Supercondutores do tipo Resistivo, Dissertação de Mestrado, COPPE, UFRJ, Março 2011, Brasil.
- (4) Paul W., et al. Fault Current Limiter Based on High Temperature Superconductors - Different concepts, test results, simulations, applications, Physica C, Vol. 354, No. 1-4, p. 27, Maio 2001, Holanda.
- (5) Elschner S., et. al. Manufacturing and Testing of MCP-2212 Bifilar Coils for a 10MVA Fault Current Limiter, IEEE Trans. App. Superconductivity, Vol. 18, No 2, p. 1980, Junho 2003, Estados Unidos.
- (6) de Sousa W. T. B, Polasek A., da Silva F. A., Dias R., Jurelo A.R., de Andrade Jr. R. Simulations and Tests of MCP-BSCCO-2212 Superconducting Fault Current Limiters, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 22, No 2, Abril 2012, Estados Unidos.
- (7) Gomory F., et al. Predicting AC loss in practical superconductors, Supercond. Sci. Technol, Vol. 19, 2006, S60, Inglaterra.
- (8) de Sousa W. T. B, Dias R., da Silva F. A.; Polasek A., de Andrade Jr. R., Comparison Between the Fault Current Limiting Performance of Bi-2212 Bifilar Components and 2G YBCO Coils, Vol. 23, No. 3 p. 5602204, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 2013, Estados Unidos.
- (9) Rettelbach T., Schmitz G. J. 3D simulation of temperature, electric field and current density evolution in superconducting components, Supercond. Sci. Technol., Vol. 16, No. 5, p. 645, Maio 2003, Inglaterra.
- (10) Petranovic R. Investigations of the transient behavior of high temperature superconducting fault current limiters, M.S. thesis, Karlsruhe University, Karlsruhe, Germany, 2004 (German Version), Alemanha.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Alexander Polasek nasceu no Rio de Janeiro-RJ em 1972. Em 1995, graduou-se em Engenharia Metalúrgica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), 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. Atualmente, é pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), Grupo ELETROBRÁS. Atua na pesquisa e no desenvolvimento de materiais e dispositivos supercondutores voltados para o setor elétrico de potência, com ênfase em limitadores de corrente de curto-circuito. Também atua em P&D de nanocompósitos poliméricos para isolamento elétrico e no estudo de baterias avançadas. É membro do CIGRÉ.

Rodrigo Dias nasceu no Rio de Janeiro-RJ em 1984. Formou-se como Técnico em Metal-Mecânica pelo CEFET/RJ e possui Título de Técnico credenciado pelo CREA/RJ desde 2001. Iniciou sua carreira na Divisão de Potência e Automação da ABB, onde permaneceu até 2007. Atualmente exerce a função de Técnico de Laboratório do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), Grupo ELETROBRÁS, onde atua nas áreas de Engenharia de Materiais e de Engenharia Elétrica. Participa de projetos de pesquisas em Células a Combustível, Limitadores de Corrente Supercondutores e Baterias de Sódio.

Fábio Augusto da Silva nasceu em Belo Horizonte, MG, Brasil, em 1973. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (1999), com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência. Atualmente é Pesquisador do Cepel - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, Grupo Eletrobrás, onde gerencia o Laboratório de Alta Corrente. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Ensaio em Equipamentos Elétricos.

Orsino Borges Filho nasceu em Itapira, SP, Brasil, em 1959. Graduiu-se em Engenharia Eletrotécnica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ em 1984, M.Sc. pela COPPE/UFRJ em 1991. Trabalha como engenheiro pesquisador no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – Cepel desde 1984, atuando em projetos de P&D sobre equipamentos elétricos e técnicas de ensaio e medição em Alta Tensão. Atualmente é coordenador do Comitê de Estudos – CE D1: Materiais e Tecnologia Emergentes de Ensaio do Cigre-Brasil.

Wesley Tiago Batista de Sousa nasceu em Santo André, São Paulo, Brasil, em 1983. Graduiu-se em Bacharelado em Física pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR, em 2008. É mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2009). Entre 2009 e 2012 foi bolsista do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Eletrobras - CEPEL) e atualmente é aluno de Doutorado da Universidade Federal do Rio de Janeiro com período no exterior (Karlsruher Institut für Technologie - Alemanha). Sua experiência profissional inclui processamento, caracterização e simulações de materiais supercondutores para aplicações tecnológicas

Rubens de Andrade Junior nasceu em Araçatuba (SP) em 1962, é Professor Associado do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) desde 1999. Recebeu os títulos de Bacharel e Licenciado em Física, Mestre em Física e Doutor em Ciências da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) em 1985, 1989 e 1995 respectivamente. Trabalhou com superfícies seletivas para aquecedores solares, deposição eletroquímica de ligas, dinâmica de vórtices de supercondutores e preparação e caracterização de supercondutores de alta temperatura crítica. No momento seu principal interesse é no estudo, simulação, projeto e construção de dispositivos supercondutores. Participa da equipe do projeto Maglev-Cobra da UFRJ desde o seu início em 1998. Desenvolve também projetos de Limitadores de Corrente de Curto Circuito, em parceria com o CEPEL/Eletrobrás, e Motores Elétricos Supercondutores, em parceria com a UFF – Universidade Federal Fluminense.