



**XXIV SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GTM/16

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

**GRUPO – XIII**

**GRUPO DE ESTUDO DE TRANSFORMADORES, REATORES, MATERIAIS E TECNOLOGIAS EMERGENTES-  
GTM**

**BOBINAS SUPERCONDUTORAS ISOLADAS E NÃO ISOLADAS PARA APLICAÇÕES ELÉTRICAS**

**Alexander Polasek (\*)**  
CEPEL

**Fernando J. M. Dias**  
UFF/CEPEL

**Luiz F. C. S. S. Ribeiro**  
UFRJ/CEPEL

**Guilherme G. Sotelo**  
UFF

**RESUMO**

Fitas supercondutoras de segunda geração (2G HTS – *High Temperature Superconductors*) alcançam altas densidades de corrente ( $> 20 \text{ kA/cm}^2$ ) possibilitando a compactação de equipamentos e dispositivos elétricos. Bobinas supercondutoras não isoladas são ainda mais compactas e apresentam maior estabilidade térmica que bobinas supercondutoras isoladas, pois a corrente flui apenas na camada supercondutora (em CC). No presente trabalho, investigaram-se protótipos de bobinas de fitas 2G HTS, com e sem isolamento. Os resultados mostraram que bobinas 2G HTS não isoladas têm potencial para aplicações em CC, pois suportam maiores correntes e têm maior estabilidade térmica que bobinas 2G HTS isoladas.

**PALAVRAS-CHAVE**

Fitas Supercondutoras 2G HTS, Bobina Isolada, Bobina Não Isolada, Corrente Crítica, Campo Magnético

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Aplicações da supercondutividade em transformadores, limitadores de corrente de curto circuito, mancais magnéticos e máquinas rotativas vêm sendo desenvolvidas em todo o mundo e a perspectiva de aplicação nos sistemas de energia é elevada (1), (2). Para a construção desses equipamentos é de extrema relevância avaliar as características elétricas e magnéticas das bobinas supercondutoras que geralmente os constituem. Essas bobinas apresentam, em relação às bobinas com condutores convencionais, as seguintes vantagens: menor volume para corrente e campos magnéticos de mesma magnitude e menor dissipação de energia. As características de isolamento e não isolamento de bobinas tem ganhado ênfase na literatura para aplicações em magnetos (3), (4), (5), (6), (7), (8), devido a maior densidade de corrente e a maior estabilidade térmica dessas bobinas sem isolamento em relação às suas congêneres com isolamento utilizadas em equipamentos supercondutores. Essas vantagens vigoram em corrente contínua e estuda-se a utilização de bobinas supercondutoras não isoladas em limitadores de corrente de curto-circuito CC visando à utilização futura em sistemas HVDC (9), (10). Em CC a utilização de bobinas não isoladas pode reduzir o efeito térmico entre as espiras, aumentar a corrente de operação e reduzir ainda mais o tamanho desses dispositivos. No presente trabalho, serão abordadas duas configurações de bobinas supercondutoras, uma com espiras isoladas e outra sem isolamento na fita supercondutora.

(\*) CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - Departamento de Materiais, Eficiência Energética e Geração Complementar, 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

## 2.0 - METODOLOGIA

### 2.1 Sistemas de medição

Os sistemas utilizados foram: sistema de medição de corrente crítica ( $I_c$ ), sistema de mapeamento de campos magnéticos e sistema de carga e descarga. A  $I_c$  é definida como o maior valor de corrente em que o supercondutor não apresenta resistência. O sistema de medição de  $I_c$  foi utilizado para a caracterização de fitas e bobinas supercondutoras com e sem aplicação de campo magnético externo. Este consiste de uma fonte de corrente contínua estabilizada de 500 A / 30 V, um nanovoltímetro, um eletromagneto, uma fonte de corrente contínua bipolar de 70 A / 35 V para o eletromagneto e um criostato, que é um reservatório termicamente isolado para inserção dos supercondutores em nitrogênio líquido (77 K). Utilizou-se o método dos quatro terminais para levantamento da curva tensão-corrente ( $V_{xl}$ ) dos supercondutores (11). Os ensaios são realizados através de um sistema de aquisição e controle com um computador conectado aos equipamentos de medição. A medição de  $I_c$  das bobinas seguiu a mesma linha de caracterização das fitas supercondutoras, o sistema de medição e o método são os mesmos. Contudo, a queda de tensão nas bobinas se refere ao comprimento total do enrolamento, pois os contatos de tensão são próximos aos contatos de corrente, e são localizados nas extremidades da fita. O sistema de mapeamento de campo magnético é composto por uma mesa que se movimenta nas direções XYZ, uma ponteira que contém um sensor de efeito Hall, com a finalidade de medir a intensidade do campo magnético perpendicular à superfície da mesa (componente  $B_z$ ) e um computador que através de um programa desenvolvido em Labview, sistematiza a aquisição de dados e controla a movimentação do sensor. Ensaios de carga e descarga foram realizados com uma fonte CC de 875A / 5V, um sistema de mapeamento de campo semelhante ao descrito anteriormente e um nanovoltímetro.

### 2.2 Construção dos carretéis e enrolamento das bobinas

Foram construídas duas bobinas, com especificações na TABELA I, com fitas supercondutoras 2G HTS comerciais e configurações de isolamento distintas, uma com as fitas supercondutoras isoladas com filme de Kapton (I) e outra sem isolamento nas fitas supercondutoras (NI), como mostra a FIGURA 1, para a avaliação de suas características. O Kapton é um filme de poliimida flexível utilizado no isolamento de supercondutores (12). Para efeito de comparação dos resultados, os dois protótipos têm seus materiais e aspectos construtivos idênticos, exceto pela configuração de isolamento.



FIGURA 1 - Fita supercondutora com isolamento (acima) e sem isolamento (abaixo).

A construção dos carretéis das bobinas foi dividida em três partes. Primeiramente, foi usinado um tarugo de Teflon para obter o carretel, no qual foi enrolada a fita supercondutora. Em seguida, para complemento do carretel, foram desenvolvidos o espaçador de panquecas e a base, também em Teflon. O espaçador tem o formato de semicírculo, de forma a se encaixar na parte intermediária do carretel, precisamente em cima da hélice de fita que liga as duas panquecas. A intenção é separar as espiras da panqueca superior das espiras da panqueca inferior, que tem sentidos opostos de corrente. A base contém os furos propícios para o encaixe do carretel. Ela serve de apoio e facilita o manuseio das bobinas nos ensaios, evitando possíveis danos na fita. Nela também são presos, com parafusos, os terminais de corrente. Para cada bobina foi utilizado um total de 470 cm de fita supercondutora. Com este comprimento de fita foi determinado o número de espiras de cada bobina, como especificado na TABELA I. A FIGURA 2 mostra as bobinas obtidas com os terminais de corrente de cobre.

TABELA I - Especificações das bobinas supercondutoras

<b>Bobina</b>	<b>Isolada (I)</b>	<b>Não Isolada (NI)</b>
Largura da fita	4 mm	4 mm
Espessura da fita	258 $\mu\text{m}$	147 $\mu\text{m}$
Substrato da fita	Hastelloy	Hastelloy
Corrente crítica da fita em 77K	220 A	209 A
Número de espiras da bobina	36	36

NOTA: Foi utilizado o mesmo modelo de fita em ambas as bobinas, mas na especificação do fabricante há uma diferença entre a corrente crítica das fitas com e sem isolamento.

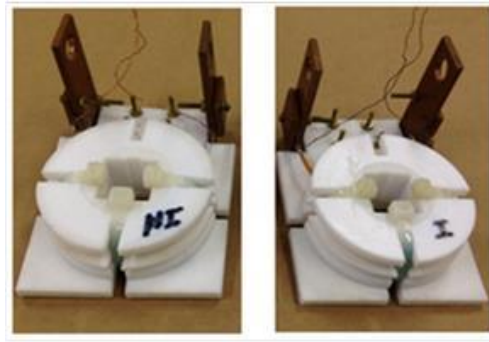


FIGURA 2 – Protótipos das bobinas supercondutoras sem isolamento (NI) e com isolamento (I). Dimensões dos carretéis: diâmetro externo – 66 mm; diâmetro interno – 32 mm.

### 3.0 - RESULTADOS

#### 3.1 Caracterização das fitas supercondutoras

Aqui serão apresentados os resultados das caracterizações das fitas supercondutoras à temperatura de 77K, em banho de nitrogênio líquido, de três fabricantes diferentes, A, B e C, com e sem campo magnético aplicado e uma comparação em termos de custo/benefício. As caracterizações foram realizadas com três amostras de cada fabricante, cada uma com comprimento de 10 cm. Os resultados das curvas  $V_{xl}$  sem aplicação de campo magnético são ilustrados na FIGURA 3. Como a distância entre os contatos de tensão é de 1 cm, então, as correntes críticas médias de cada fita para as amostras B, C e A são de 122 A, 144 A, 220 A, com desvio padrão de 2,51, 3,6 e 1,53, respectivamente. A corrente crítica é definida pelo critério internacional de  $1\mu\text{V}/\text{cm}$  (13). Como a distância entre os contatos de tensão é de 1 cm, o valor de  $I_c$  nessas amostras corresponde à tensão de  $1\mu\text{V}$ .

Para aplicação em bobinas, o decaimento de  $I_c$  com o campo magnético é um fator crítico. Desta forma, foi realizada uma avaliação do efeito do campo magnético aplicado nas fitas. Por isto, foi realizada a caracterização das fitas com campo magnético externo e o resultado é apresentado na FIGURA 4.

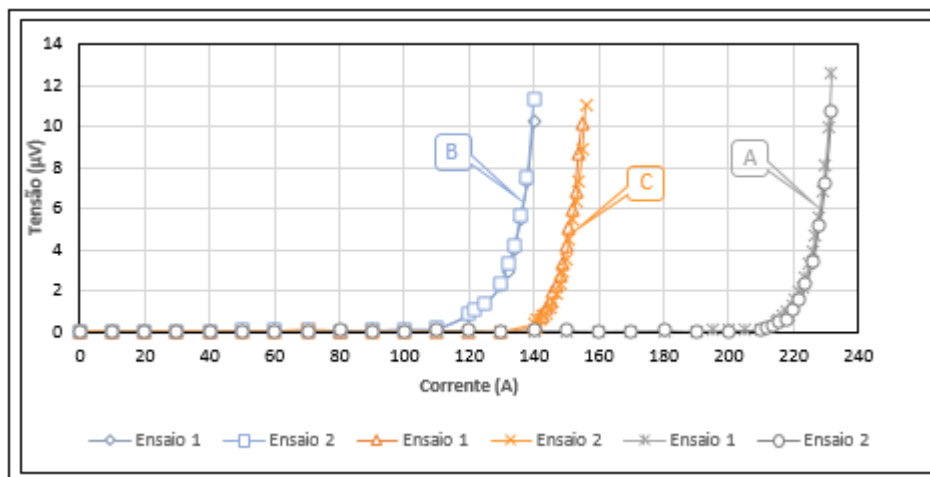


FIGURA 3 - Curvas  $V_{xl}$  das fitas supercondutoras sem aplicação de campo magnético externo. Fabricantes A, B e C.

Nessa condição, apesar da fita do fabricante A ter maior valor de corrente crítica sem campo externo, ela pode não apresentar condições favoráveis para uso sob campos magnéticos, pois apresenta maior decaimento da corrente crítica. O campo magnético foi aplicado no eixo b mostrado na FIGURA 5, ou seja, paralelamente à superfície da fita, mas perpendicularmente ao fluxo de corrente. O efeito do campo depende da direção de aplicação, mas seja qual for o ângulo mostrado na FIGURA 5, o campo deve ser sempre aplicado perpendicularmente ao fluxo de corrente, pois os maiores decaimentos ocorrem nesta condição (14).

Vale ressaltar que os valores de  $I_c$  sob campos magnéticos aumentam consideravelmente com a redução da temperatura de operação, ou seja, para temperaturas mais baixas que a utilizada no presente trabalho. Neste trabalho utilizou-se o banho de nitrogênio líquido por ser o método mais simples e comum para aplicações no setor elétrico, e bastante usual para ensaios laboratoriais. No entanto, há outro ponto crucial para a escolha de uma fita HTS para uma determinada aplicação. Trata-se do fator custo/benefício, como mostra a FIGURA 6. Este custo/benefício é a razão entre o custo/metro e o valor de corrente crítica. Estes resultados mostram que para comprimentos de fitas relativamente pequenos o fabricante A tem melhor custo/benefício à temperatura do nitrogênio líquido e sem campo magnético externo. Desse modo foi escolhida a fita do fabricante A, pois o principal objetivo deste trabalho é avaliar as características de isolamento em bobinas supercondutoras. Cabe ressaltar, que essa análise dá uma ideia estimada do custo/benefício com base nas quantidades utilizadas, da ordem de dezenas de metros. No entanto, para aplicações em escala real seria necessária uma análise para comprimentos maiores de fitas. Os custos reduzem consideravelmente para grandes quantidades. Vale ressaltar que o custo/benefício destes materiais tem reduzido e essa tendência continua, sendo função da demanda, escala de produção e otimização do processamento.

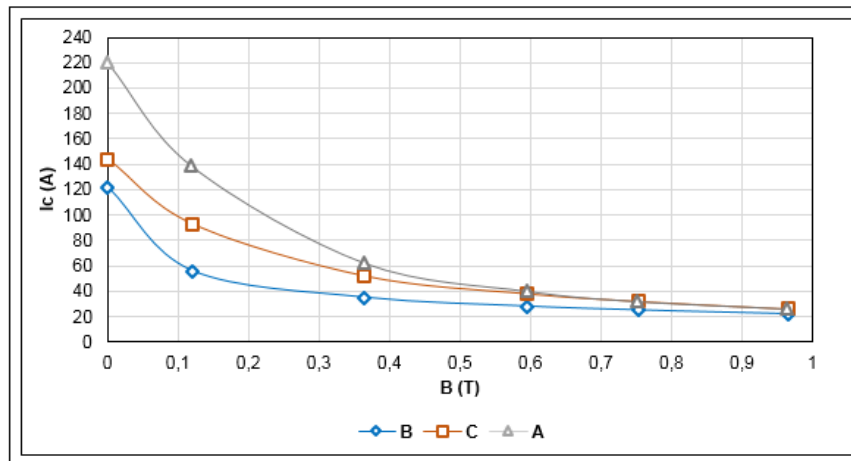


FIGURA 4 - Decaimento da corrente crítica com o aumento do campo magnético. Fabricantes A, B e C.

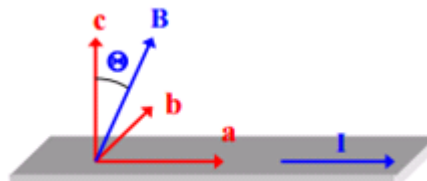


Figura 5 - Figura esquemática mostrando o fluxo de corrente em uma fita supercondutora 2G HTS e um campo magnético incidente (14).

### 3.2 Caracterização das bobinas supercondutoras

Esta seção apresenta os resultados das caracterizações das duas bobinas apresentadas. Para cada bobina, foram realizados dois ensaios (Ensaio 1 e Ensaio 2) com os mesmos parâmetros e com o objetivo de verificar a repetibilidade dos resultados. As curvas  $V \times I$  são mostradas nas FIGURAS 7 e 8. Como a distância entre os contatos de tensão é de 470 cm, então pelo critério de  $1 \mu\text{V}/\text{cm}$  a tensão crítica ( $V_c$ ) é de  $470 \mu\text{V}$ . Assim, a corrente crítica é 107 A nas duas bobinas, bem inferior à corrente crítica das fitas retas (FIGURA 3), o que é devido ao auto campo magnético gerado pelas bobinas, que afeta a  $I_c$  das espiras da mesma.

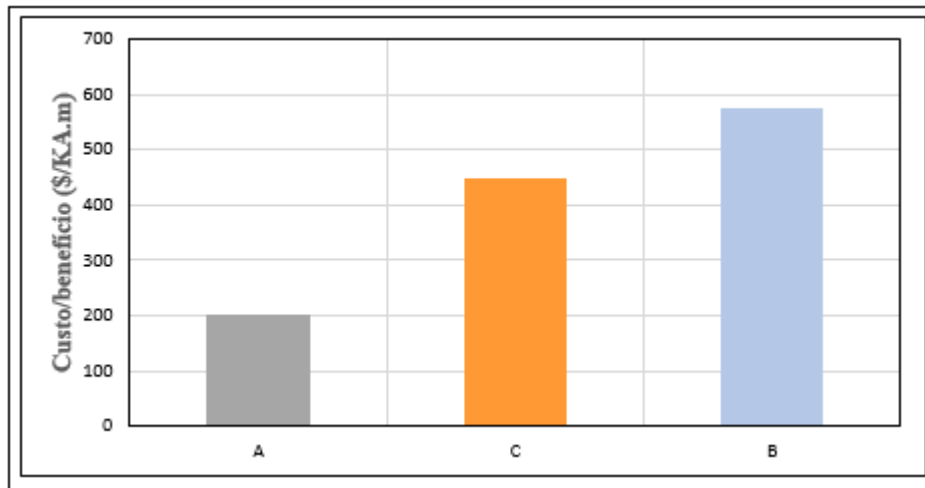


FIGURA 6 - Custo/benefício das fitas supercondutoras dos três fabricantes à temperatura do nitrogênio líquido (77 K), sem campo magnético externo aplicado. Os valores aqui apresentados correspondem a comprimentos relativamente curtos, sendo significativamente menores para longos comprimentos.

### 3.3 Mapeamento de campo magnético nas bobinas supercondutoras

Para uma análise detalhada do auto campo na bobina, foi inicialmente realizada uma simulação pelo método de elementos finitos (FEM) usando um software comercial. Em seguida, foi realizado o mapeamento da densidade de fluxo magnético para uma dada corrente, com o intuito de conhecer o comportamento desse campo induzido e o seu arranjo no espaço. O mapeamento foi realizado com uma corrente contínua de 64 A (60% de  $I_c$ ), de modo a evitar danos nas bobinas devido ao longo tempo de duração do ensaio. Os resultados são mostrados na FIGURA 9. Pelo resultado, o campo magnético central na direção paralela à superfície da fita segue o mesmo comportamento que a distribuição de campo alcançada no mapeamento experimental, estando num crescente até atingir o seu máximo no centro da bobina. Observe que nas curvas obtidas por análise experimental há pequenas flutuações, que são inerentes às condições dos ensaios. No entanto, os valores simulados e mapeados experimentalmente estão razoavelmente próximos, mostrando que a simulação realizada é aceitável para a análise pretendida no presente trabalho.

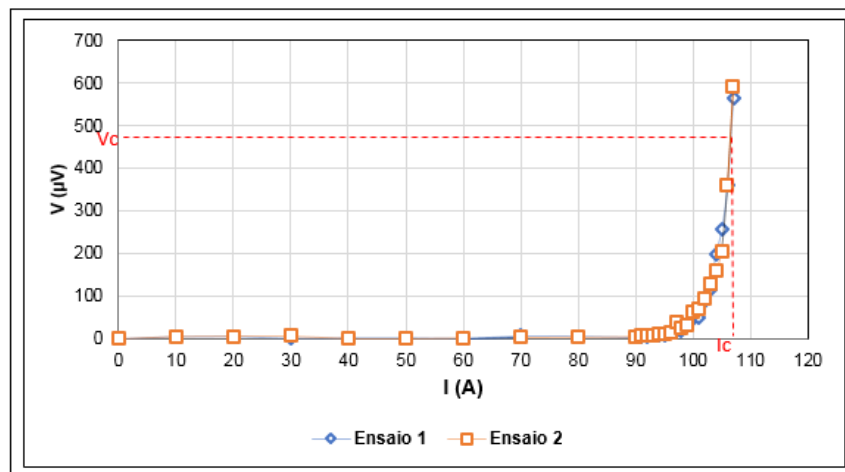


FIGURA 7 - Curva  $V_{xl}$  da bobina isolada.

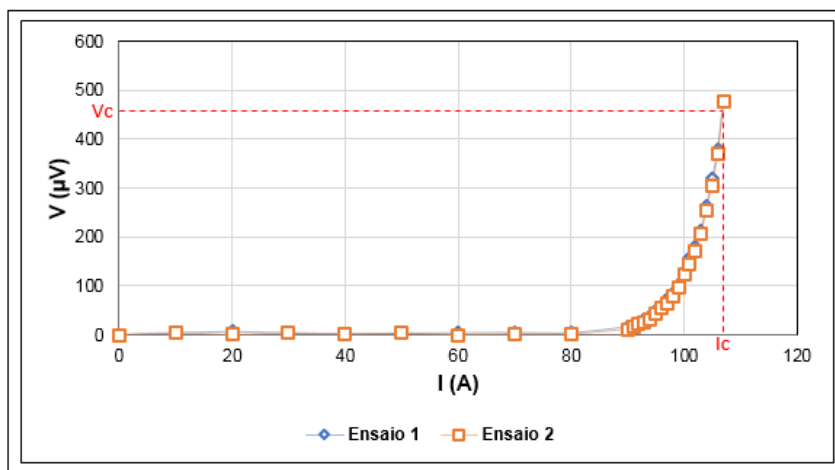


FIGURA 8 - Curva  $V \times I$  da bobina não isolada.

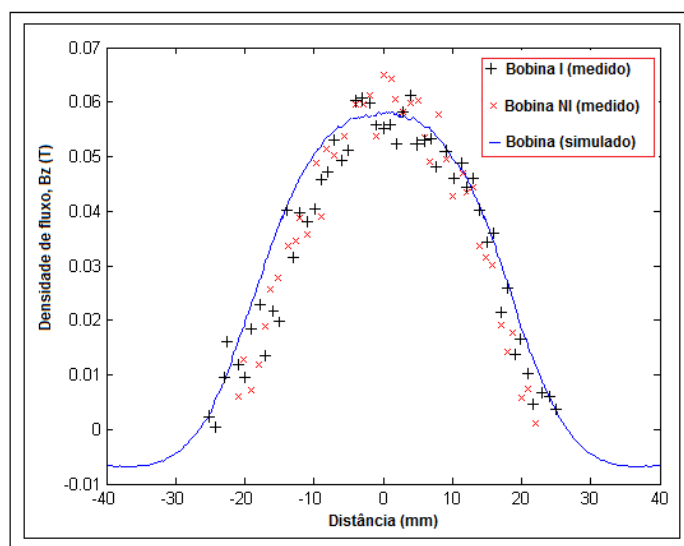


FIGURA 9 - Comportamento do campo magnético na direção paralela à superfície da fita na bobina, com o centro no zero e 33 mm de raio. Corrente de 64 A (60% de  $I_c$ ).

### 3.4 Ensaios de carga e descarga

Mediu-se o campo magnético e a tensão nos terminais das bobinas em função da corrente e do tempo. Esses ensaios são fundamentais para comparar o comportamento das bobinas.

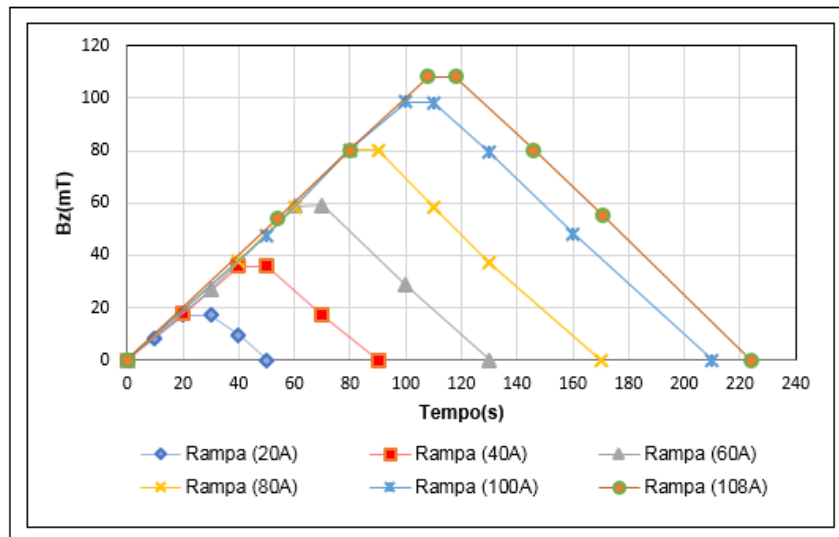


FIGURA 10 - Campo magnético central em função do tempo na bobina isolada.

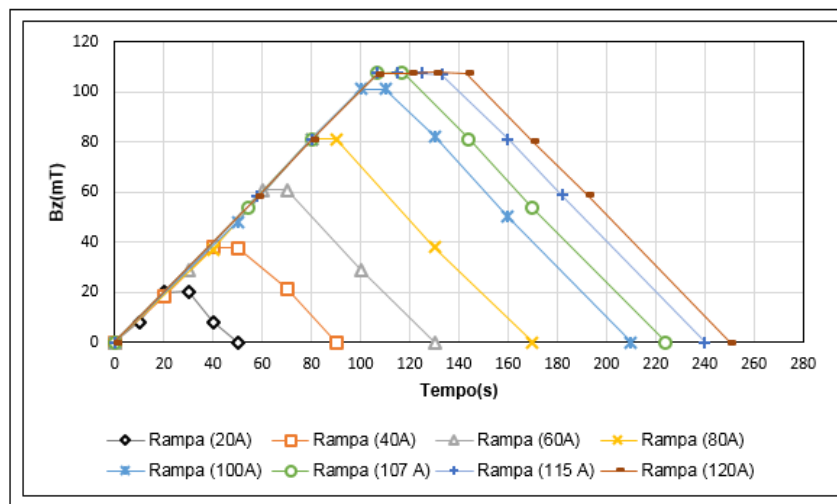


FIGURA 11 - Campo magnético central em função do tempo na bobina não isolada.

Na FIGURA 10, a rampa de corrente aplicada teve pico em 108A, valor um pouco acima da corrente crítica da bobina ( $I_c=107A$ ), medida anteriormente. Por segurança, para evitar a queima da bobina, optou-se por não ir além dessa corrente, pois na corrente de 109A observou-se um aumento brusco na tensão, dando indícios de que a bobina seria danificada caso permanecesse excitada continuamente nesse estado. O patamar de 109 A não foi mostrado na FIGURA 10, pois como a tensão aumentou repentinamente, a fonte foi imediatamente desligada.

Observa-se na FIGURA 11 que os valores do campo magnético quando a corrente atinge um valor superior a corrente crítica ( $I_c = 107A$ ), de 115 e 120 A, são substancialmente os mesmos e o campo magnético é saturado. Isto sugere que o excesso de corrente é desviado de uma espira para outra através do contato entre elas (3).

A corrente nas bobinas foi limitada pelo valor de tensão, visto que com a corrente um pouco acima dos valores máximos dos patamares apresentados nessas curvas, a tensão aumentou repentinamente. Nesse intuito, a análise de tensão nos terminais das bobinas para cada patamar é importante para avaliar a estabilidade térmica e evitar danos às mesmas. Os resultados das análises estão apresentados nas FIGURAS 12 e 13.

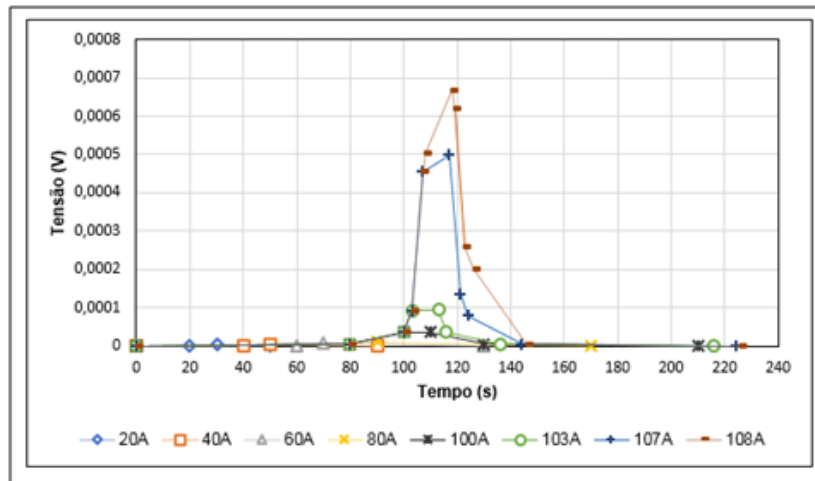


FIGURA 12 - Tensão nos terminais da bobina isolada em função do tempo.

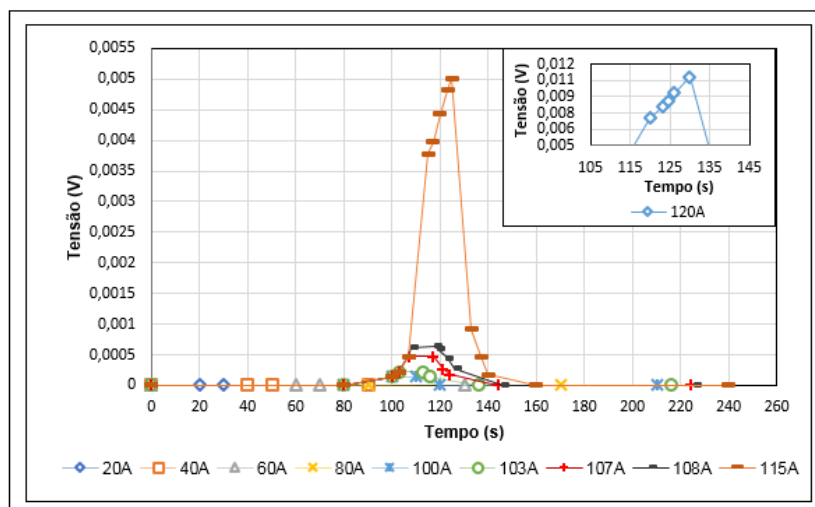


FIGURA 13 - Tensão nos terminais da bobina não isolada em função do tempo.

Na FIGURA 12, quando a corrente é mantida no seu valor crítico de 107A por 10s, a tensão aumenta. Essa elevação pode estar relacionada ao aquecimento das fitas supercondutoras devido ao isolamento entre as espiras (6). Durante os experimentos, para avaliar o comportamento acima de  $I_c$ , foi aplicada uma excitação um pouco acima (1A de acréscimo) da corrente crítica, de 108 A, à bobina. Observe como a taxa de aumento da tensão, no patamar de 10s, cresceu quando a corrente aumentou de 107 para 108 A. Essa tendência é tal que não daria para injetar corrente com valores mais altos. Quanto maior a tensão, maior a potência dissipada e há mais riscos de danificar a bobina por sobreaquecimento.

Na bobina NI, no momento em que a corrente crítica ( $I_c=107A$ ) foi sustentada por 10s, a tensão crítica ( $V_c = 0,00047V$ ) foi mantida (FIGURA 13). Isso significa que na  $I_c$  ela fica estável, diferentemente do resultado da bobina I, FIGURA 12, no qual a tensão já aumenta na  $I_c$ . No patamar de 1A acima do valor crítico, a tensão fica praticamente constante durante os 10s, enquanto que na bobina I, a tensão aumenta significativamente. Diferentemente da bobina I, na bobina NI a corrente pôde ser aumentada para valores ainda maiores, de 115 e 120A, contudo, nesses patamares a tensão também aumenta. No patamar de 120 A, FIGURA 13, vista ampliada, a taxa de inclinação é alta, atingindo valores de tensão que se aumentados poderiam danificar a bobina, portanto esse foi o limite para a injeção de corrente. Este resultado indica que, em correntes acima de  $I_c$ , essa bobina exibe menor valor de tensão que a bobina I. Desta forma, em corrente contínua, fica evidente que a estabilidade térmica na bobina NI é superior à da bobina I.

#### 4.0 - CONCLUSÃO

Neste trabalho, foram avaliadas as características elétricas e magnéticas de bobinas supercondutoras, considerando duas configurações de isolamento. O objetivo foi analisar, em corrente contínua, se as bobinas supercondutoras sem isolamento são favoráveis quando comparadas às bobinas com isolamento, com o intuito de poder operar com



maiores correntes e aumentar a estabilidade térmica. Para alcançar o objetivo pretendido nesse trabalho, dois protótipos de bobinas supercondutoras foram construídos com diferentes configurações, uma com isolamento de Kapton (poliimida) entre as espiras (I) e outra sem isolamento (NI), ambas com formato de panqueca dupla. Nesse modelo de bobina, a espira que liga as duas panquecas fica exposta e aquece, limitando a injeção de corrente, portanto não foi possível elevar a corrente para valores muito maiores do que a corrente crítica. No entanto, o comportamento desejado pôde ser observado em correntes próximas a corrente crítica ou um pouco acima desta, especialmente na bobina NI.

Pelos resultados da análise de carga e descarga, foi possível concluir que, em corrente contínua, as bobinas sem isolamento são vantajosas em relação às bobinas com isolamento, pois, pelo comportamento de campo saturado da bobina NI, conclui-se que parte da corrente é desviada pelo contato entre as espiras, quando a corrente crítica é ultrapassada.

Comparando a bobina NI com a I, é possível, pelos valores de tensão nos terminais das bobinas, verificar que a bobina NI é mais estável termicamente. Isso ocorre porque, devido ao contato entre as espiras, o calor excessivo gerado por pontos quentes pode ser mais facilmente dissipado. Portanto, a bobina supercondutora NI tem potencial para aplicações em corrente CC. Em trabalhos futuros, planejamos avaliar potenciais aplicações para estas bobinas, tais como em limitadores de corrente CC e bobinas de enrolamento de campo de geradores síncronos.

## 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CIGRE WORKING GROUP D1.38. Status of Development and Field Test Experience with High-Temperature Superconducting Power Equipment, Technical Brochure No. 644, 2015.
- (2) INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. HTS Roadmap for Electric Power Systems, October 2015.
- (3) HAHN, S., PARK, B. D. K., IWASA, Y. HTS Pancake Coils without turn-to-turn insulation, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, vol. 21, p. 3, June 2011.
- (4) KIM, Y.-G., et al. Investigation of HTS Racetrack Coil Without Turn-to-Turn Insulation for Superconducting Rotating Machines, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, vol. 22, p. 3, June 2012.
- (5) SHIN, H.-J., et al. A Study on Normal Zone Propagation Behavior of Partially Insulated GdBCO Coil, IEEE Transactions on Applied superconductivity, vol. 25, p. 3, June 2015.
- (6) YANG, D.G., et al. Characteristic Resistance of No-Insulation and Partial-Insulation Coils with Nonuniform Current Distribution, IEEE Transactions on Applied superconductivity, vol. 24, p. 3, June 2014.
- (7) YOUNG, J.H., et al. Evaluations on AC Electrical Characteristics of No-Insulation Coil for Power Devices, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, vol. 23, p. 3, 2013.
- (8) NGUYEN, D.N., et al. Electrical measurements of AC losses in High Temperature Superconducting Coils at Variables Temperatures, Superconductor Science and Technology, vol. 26, p. 9, 2013.
- (9) BIN, X., et al. Ratios of Current Limiting and Its Distribution in a DC Resistive Superconducting Fault Current Limiter, 2015 IEEE International Conference on Applied Superconductivity and Electromagnetic Devices, Shanghai, China, November 20-23, 2015.
- (10) BIN, X., et al. Voltage Distribution Characteristics of a Resistive Superconducting Fault Current Limiter in DC Systems, 2015 IEEE International Conference on Applied Superconductivity and Electromagnetic Devices, Shanghai, China, November 20-23, 2015.
- (11) POLASEK, A., Dias, R., De Sousa, W, Lopes, F., Filho, O. Avaliação da curva  $V_{xl}$  de materiais supercondutores para aplicações no setor elétrico, XXII SNPTEE, Outubro 13-16, 2013.
- (12) POLASEK, A. Isolantes para Aplicações da Supercondutividade no Setor Elétrico, II Colóquio sobre Materiais Dielétricos e Técnicas Emergentes de Ensaios e Diagnóstico, Curitiba, 26 e 27 de setembro, 2016.
- (13) POLASEK, A., et al. Application of IEC 61788-3 for the Determination of the DC Critical Current of High Temperature Superconductors of Second Generation, CIGRE Session 45, Paris, August 24 to 29, 2014, paper D1-301-2014.
- (14) Turrioni, D., Barzi, E., Lamm, M., Yamada, R., Zlobin, A., Kikuchi, A. Study of HTS Wires at High Magnetic Fields, IEEE Transactions on Applied superconductivity, vol. 19, n. 3, June 2009.

## 5.0 - 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), Sistema ELETROBRAS. 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 no estudo de baterias avançadas. É membro do CE D1 do CIGRE.

Fernando Jorge Monteiro Dias nasceu em Cabo Verde, em 1985. Graduou-se engenheiro eletricista pela Universidade Federal Fluminense (UFF) no ano de 2013. Concluiu o mestrado na área de Máquinas, Equipamentos e Aplicações de Novos Materiais pela Universidade Federal Fluminense no ano de 2015. Atualmente é aluno de doutorado na área de eletrônica de potência na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e bolsista do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL). Sua experiência profissional inclui o desenvolvimento de bobinas supercondutoras para aplicações elétricas e seus trabalhos mais recentes foram na área de supercondutividade.

Luiz Felipe Corrêa de Sá Santos Ribeiro nasceu no Rio de Janeiro em 1992. Atualmente é aluno de mestrado na área de Eletrônica de Potência, também na UFRJ. É bolsista do Centro de Pesquisa em Energia Elétrica (CEPEL). Sua experiência profissional inclui o desenvolvimento de sistemas de medição de fitas supercondutoras e o desenvolvimento de bobinas supercondutoras. Seus trabalhos mais recentes foram na área de supercondutividade.

Guilherme Goncalves 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 adjunto do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal Fluminense desde 2009. Tem atuado em diversos projetos de pesquisas envolvendo o desenvolvimento de equipamentos elétricos utilizando fios supercondutores comerciais. É autor de mais de 30 artigos em periódicos indexados internacionais.