

Grupo de Estudo de Transformadores, Reatores, Materiais e Tecnologias Emergentes-GTM

Desenvolvimento de sensor óptico de temperatura e esforços mecânicos para transformadores de potência.

AGUINALDO GOES DE MELO (1)*; DANIEL BENETTI (2); LUIZ ALKIMIN DE LACERDA (3); JOAO BATISTA ROSOLEM (4); DANILO CESAR DINI (4); FABIO RENATO BASSAN (4); RODRIGO PERES (4); CLAUDIO FLORIDIA (4); ARTUR DE ARAUJO SILVA (4); Copel GET (1); Copel GET (2); LACTEC (3); CPQD (4);

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados parciais do desenvolvimento de sensores utilizando a tecnologia FBG (Fiber Bragg Grating) para medição em tempo real da temperatura e esforços mecânicos em transformadores de potência, do projeto de P&D ANEEL PD-06491-0379/2015, "Sistema de monitoramento Óptico de Multiparâmetros para Transformadores de Potência". Para o monitoramento da temperatura e dos esforços os sensores FBGs serão instalados nos calços e espaçadores dos enrolamentos do transformador. Com o sensoramento da parte ativa será possível mensurar os esforços radiais e axiais que atuam nos bobinados em eventos transitórios, bem como medir o hotspot dos enrolamentos.

PALAVRAS-CHAVE

Transformadores de potência, Temperatura, Deformação, Curto-circuito, FBG.

1.0 - INTRODUÇÃO

O transformador de potência representa o equipamento de maior importância estratégica e de maior custo para o sistema de transmissão de energia. Uma falha em um transformador pode levar a interrupção no fornecimento de energia elétrica, com transtornos e prejuízos para os consumidores e para a transmissora, que poderá ser penalizada pela indisponibilidade operacional deste equipamento.

Neste cenário torna-se fundamental o monitoramento de parâmetros operacionais durante a vida útil dos transformadores de potência que englobam os transformadores elevadores de usinas elétricas e os da rede básica de transmissão de energia, pois estes equipamentos impactam na estabilidade e confiabilidade de todo sistema elétrico nacional.

Os dois principais fatores que impactam na condição operacional dos transformadores de potência são a temperatura do ponto mais quente dos enrolamentos e também os esforços mecânicos ao qual eles estão submetidos no momento de um curto-circuito ou transitório do Sistema Elétrico de Potência – SEP, sendo que estes esforços podem ocasionar uma diminuição no espaçamento elétrico de partes com DDP e por consequência a falha do transformador. Atualmente o controle de temperatura dos enrolamentos do transformador é realizado de maneira indireta devido à impossibilidade de instalação de sensores do tipo PT100 para medição desta grandeza diretamente nos enrolamentos.

Para a detecção de deformações causadas por esforços mecânicos ao qual o transformador foi submetido existem ensaios indiretos que podem detectar mudanças na geometria das bobinas, porém não existe até então meios para medir os esforços impostos aos transformadores e possíveis deslocamentos das bobinas quando da imposição de correntes de falta ao transformador.

Com o advento da tecnologia de sensores que utilizam os princípios ópticos, criou-se a possibilidade da medição direta da temperatura dos enrolamentos do transformador de potência. As vantagens desta tecnologia são a imunidade das fibras ópticas frente às interferências eletromagnéticas, capacidade de transmissão de sinais de elevada frequência e largura de banda, capacidade de multiplexação de sinais de vários sensores em uma única

(*) R. José Izidoro Biazetto, 158, Mossunguê, CEP 81200-240, Curitiba, PR, Brasil, Fone: (041) 3331-3503, aguinaldo.melo@copel.com

fibra, compactação e uso de espaços reduzidos, possibilidades de medições não invasivas, além do baixo custo relativo. Estas características proporcionam a possibilidade de ler vários parâmetros em uma mesma fibra e/ou com o uso de um único leitor de dados (interrogador).

A medição direta da temperatura nos enrolamentos e dos esforços mecânicos submetidos a parte ativa dos transformadores de potência através do uso de uma única tecnologia de sensores de fibra óptica, será uma poderosa ferramenta para detectar antecipadamente problemas internos a estes equipamentos, tais como a ocorrência de pontos quentes, o deslocamento ou afrouxamento de partes isolantes do enrolamento devido a esforços sofridos oriundos de correntes de curto-circuito e até mesmo medir e registrar a intensidade destes eventos transitórios.

Este trabalho apresentará parte dos resultados do desenvolvimento sensores utilizando a tecnologia FBG (fiber Bragg grating) para medição em tempo real da temperatura e esforços mecânicos em transformadores de potência, do projeto de P&D de código ANEEL PD-06491-0379/2015 e título "Sistema de monitoramento Óptico de Multiparâmetros para Transformadores de Potência", executado pelo CPqD para a COPEL GeT no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Científico regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Neste projeto também estão sendo desenvolvidos os métodos de encapsulamento e de instalação dos sensores na estrutura dos transformadores, tendo em vista a necessidade de manter as características operacionais destes equipamentos inalteradas devido à inserção dos sensores em locais com valores elevados de temperatura, campo elétrico e magnético, preservando assim a já conhecida confiabilidade dos transformadores.

Para o monitoramento da temperatura e dos esforços as FBGs que serão instalados nos calços e espaçadores dos enrolamentos do transformador, estão sendo utilizados materiais compatíveis com isolamento elétrico dos transformadores de potência. O desenvolvimento deste projeto tem capacidade de impactar de forma significativa na confiabilidade dos transformadores de potência e por consequência de todo SEP em função da possibilidade mensuração e determinação da degradação dos enrolamentos do transformador através do uso desta nova técnica de monitoramento.

2.0 - A IMPORTÂNCIA DA MEDIÇÃO DOS ESFORÇOS MECÂNICOS E DA TEMPERATURA NOS ENROLAMENTOS DO TRANSFORMADOR EM TEMPO REAL.

A principal causa de danos mecânicos em um transformador em operação é a alta força eletromagnética (EMF) que tem origem em intensas correntes transitórias que fluem nos enrolamentos do transformador. Tais correntes podem ser induzidas por falhas internas nos transformadores ou por falhas externas na rede onde o transformador está conectado. Tais situações resultam em enormes EMFs em curtos períodos que são suficientes para deformar mecanicamente ou danificar os enrolamentos. Existem alguns tipos típicos de falhas mecânicas que podem aparecer nos enrolamentos do transformador devido a altas correntes de falhas de curto-circuito, entre elas podemos citar: deslocamento axial, dobramento ou inclinação dos enrolamentos devido a forças axiais e deformação dos enrolamentos devido a forças radiais.

Desta forma é importante conhecer o valor da força máxima exercida nos enrolamentos em situações de curto circuito para o correto dimensionamento do sensor de esforços mecânicos. Na literatura existem vários trabalhos que calculam, simulam ou eventualmente medem esta força. De acordo com os estudos realizados em [1] e [2] a força dos esforços dinâmicos nos enrolamentos em um transformador de potência podem chegar a picos de 10 T ou a uma pressão da ordem de 14 MPa quando de uma ocorrência de curtos circuitos.

Por outro lado, o papel isolante é um dos principais componentes utilizados para a isolamento dos enrolamentos e de partes com DDP ou passíveis de circulação de correntes parasitas no transformador. Caso ocorra um sobreaquecimento acima do nível nominal no papel, há um envelhecimento precoce deste material. O calor é gerado pela corrente de enrolamento durante operação do transformador e dissipada para o ambiente externo através no óleo isolante.

O acompanhamento da temperatura do ponto mais quente nos enrolamentos torna-se importante para realizar o cálculo da degradação do isolamento dos transformadores [3]. Existe uma relação entre a temperatura do papel isolante e a variação nas condições de isolamento deste papel, o que pode ajudar a estimar quão próximo um determinado equipamento está do final de sua vida útil. A Figura 1 ilustra a mínima expectativa de vida de um transformador relacionada a temperatura do hotspot [4].

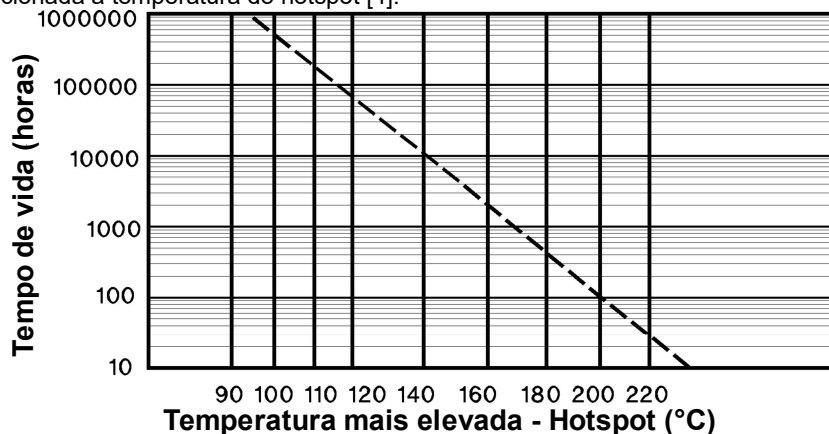


Figura 1 - Mínima expectativa de vida de um transformador relacionada à temperatura do hotspot. Adaptado de [4].

3.0 - O SISTEMA DE SENSORIAMENTO DOS SENSORES DE TEMPERATURA E DE ESFORÇOS MECÂNICOS

3.1 Sistema de Sensoriamento

A composição genérica do sistema de sensoriamento óptico de temperatura e esforços mecânicos para transformadores de potência é mostrada na Figura 2. Os principais elementos do sistema são os sensores FBG conectados em série instalados dentro do transformador de potência.

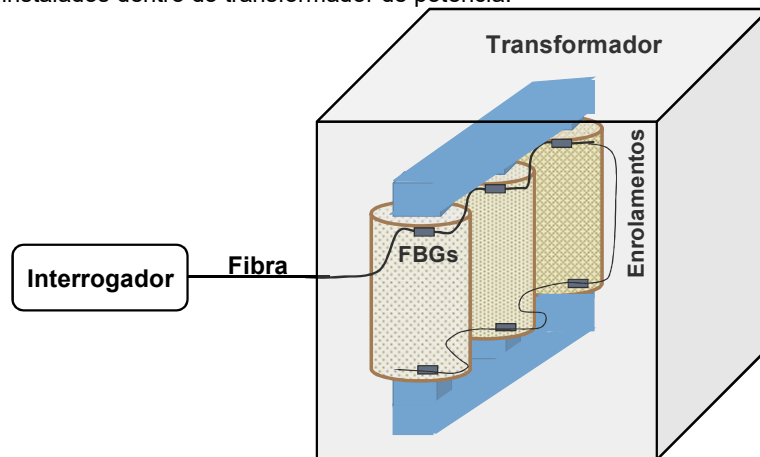


Figura 2 - Diagrama genérico do sistema de monitoramento óptico de temperatura e esforços mecânicos para transformadores de potência.

Os sensores FBG para cada medição específica serão conectados em série através de um cordão de fibra óptica especialmente especificado e construído para ser usado dentro do transformador. Este cordão deverá ser totalmente compatível com o transformador, ou seja, resistente a altas temperaturas e preenchido totalmente com óleo isolante. No tanque do transformador deverá ser usada uma caixa de ligação com fibras especiais, para evitar o vazamento do fluido isolante. Já na parte externa, os cordões de fibras especiais são emendados às fibras de um cabo óptico de uso padrão, que tem a função de levar os sinais das fibras até o interrogador dos sensores, que ficará instalado na sala de controle de uma subestação. Para alojar as emendas de fibras e excesso de cordões ópticos, serão utilizados bastidores de emendas ópticas ou caixas de emendas de fibras ópticas, tanto no lado de saída do transformador como também na entrada da sala de controle da subestação.

O interrogador do sistema tem a função de detectar os sinais dos sensores e fazer a transformação dos sinais analógicos para digitais, baseados em uma interface padrão de comunicação. Os dados digitais são então transferidos para um módulo de processamento, que processa os sinais e os correlaciona com os parâmetros de interesse, calibrando os valores, acompanhando e gravando ao longo do tempo e comparando seus níveis.

3.2 Sensores de esforços mecânicos e de temperatura

Uma FBG é um sensor óptico do tipo pontual. É construído criando um refletor de Bragg distribuído ou uma variação periódica no índice de refração do núcleo da fibra num segmento curto de fibra óptica. Esta estrutura reflete comprimentos de onda específicos da luz e transmite os demais. O comprimento de onda refletido no refletor de Bragg (comprimento de onda de Bragg) é definido por $\lambda_B = 2n_e\Lambda$, onde n_e é o índice de refração efetivo da grade e Λ é o seu período de espaçamento.

Quando uma deformação é aplicada à FBG, o período de rede é alterado e, consequentemente, o comprimento de onda de Bragg também muda de forma linear. Esta dependência do comprimento de onda da FBG com a tensão mecânica tornou-a muito interessante para uso em diversas aplicações. Muitos tipos de substratos e materiais são adaptados à FBG para construir diferentes tipos de sensores.

A principal vantagem de uma FBG para aplicação em sensoriamento é a capacidade de transformar diretamente a variação de um parâmetro físico em uma variação da grandeza óptica, neste caso no comprimento de onda.

Quando comparados a sensores convencionais, como um termopar, por exemplo, os sensores FBG apresentam muitas vantagens: imunes à interferência eletromagnética, dielétricos (não condutores), passivos (não necessitam de alimentação externa), leves e compactos, possuem ampla largura de banda e têm alta sensibilidade. São também resistentes à corrosão/oxidação e podem receber recobrimentos diversos.

Os sensores FBG podem ser conectados em série na mesma fibra criando uma rede de sensores. Esta característica é muito importante, pois permite que os elementos sejam conectados a um único equipamento interrogador do sinal dos sensores, reduzindo desta forma o custo total do sistema. Neste projeto utilizaremos FBGs com as seguintes características: comprimentos de onda entre 1530 a 1560nm, largura de linha de 0,3 nm, refletividade de 90% e cobertura da fibra de poliamida.

Como é comentado anteriormente, qualquer material ou componente introduzido em transformadores não deve provocar efeitos indesejáveis, como descargas parciais, por exemplo. Dessa forma, optou-se por desenvolver o sensor de esforços mecânicos, ou seja, uma célula de carga, de dois materiais diferentes. O primeiro material é o Transformerboard que já é utilizado na fabricação dos calços dos enrolamentos do transformador. O segundo

material é um corpo de polímero chamado PEEK (poliéter-eter-cetona). Ambos os materiais apresentam ótimas características de isolamento elétrico, o que deve garantir que o desempenho do transformador instrumentado não seja afetado. O restante dos materiais do sensor é composto pela fibra óptica (sílica) contendo as FBGs e seu recobrimento. A seguir na Tabela 1 são apresentadas algumas das propriedades típicas dos materiais PEEK e Transformerboard [5] e [6].

Tabela 1 – Propriedades típicas dos materiais PEEK e Transformerboard

Propriedades	Unidade	PEEK	Transformerboard
Densidade	g/cm ³	1,32	1,25
Resistência à tensão	MPa	92	-
Resistência a flexão	MPa	-	130
Temperatura máxima (longa duração)	°C	250	-
Coefficiente de condutividade térmica	W/(m k)	0,25	-
Rigidez dielétrica	kV/mm	20	14,5 (no óleo)

Neste primeiro desenvolvimento a célula de carga deverá medir a componente axial da força gerada por transitórios de corrente elétrica de cada enrolamento do transformador, além do seu peso e pressão de prensagem dos bobinados conforme o projeto de cada transformador.

Os sensores são alojados nos enrolamentos como calços de madeira respeitando as dimensões de um calço de madeira com a célula de carga já embarcada, resultando em um calço instrumentado. Tal decisão deverá ser tomada em uma etapa posterior do projeto, já que no presente momento apenas o projeto do elemento sensor em si será abordado, porém tomando o cuidado para sua aplicabilidade em um transformador real.

Por conta da característica de sensibilidade da FBG frente aos alongamentos, o projeto do sensor óptico é baseado na célula de carga de flexão, conforme é ilustrado na Figura 3(a). Um desenho do empacotamento do sensor FBG baseado neste princípio é apresentada na Figura 3(b).

Conforme pode ser observado na Figura 3(b), o funcionamento do sensor se baseia na deformação da região delgada do material de suporte da FBG (concavidade), onde a FBG deverá ser instalada para captar tal efeito. Essa estrutura pode ser modelada de forma satisfatória por uma viga bi engastada, já que a rigidez das demais regiões do bloco é muito maior do que a da região de interesse. O dimensionamento do sensor segue a metodologia do projeto de vigas prismáticas conforme a teoria clássica de resistência dos materiais. Os parâmetros de projeto são: comprimento largura (b); altura (h), força distribuída na região de contato (p), módulo de elasticidade (E) e o limite de escoamento (σ) do material.

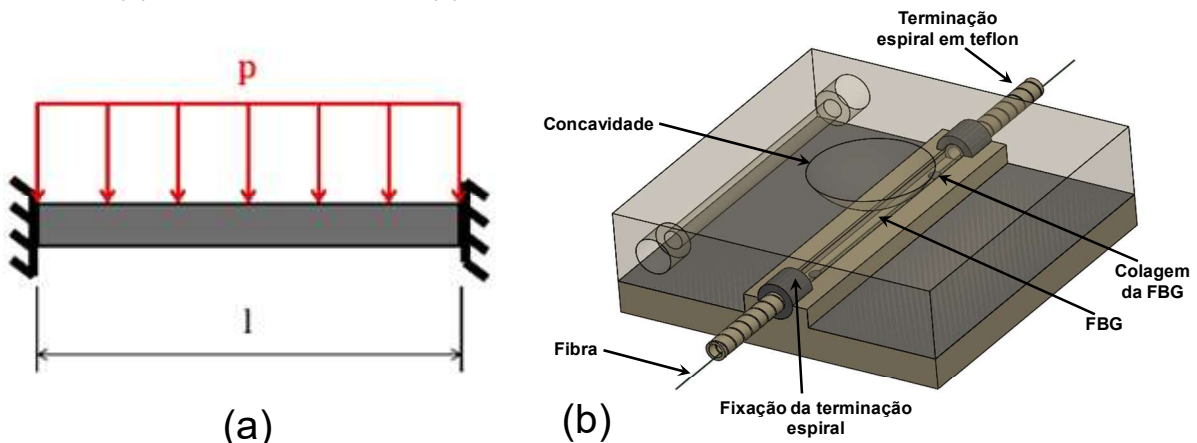


Figura 3 – Modelo de célula de carga de flexão para a FBG e (b) representação do empacotamento do sensor FBG.

Em relação ao sensor de temperatura, na prática, salienta-se que todas as FBGs são também sensores intrínsecos de temperatura. Inclusive o sensor de deformação inclui uma FBG adicional que não fica sujeito as deformações e que será usada para medição de temperatura e correção dos dados do sensor de esforços mecânicos. Porém no caso de medição de temperatura em pontos genéricos do transformador serão utilizadas FBGs distribuídas (FBG array). Este tipo de sensor é um cabo com inúmeras FBG distribuídas ao longo do cabo. O número e a distância entre as FBGs são um critério do projeto.

Com o mesmo objetivo de compatibilizar os sensores para atender os critérios elétricos e de temperatura, serão utilizados cabos com revestimento de polímero reforçado com fibra de vidro ou GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer), que aumentam a resistência mecânica das fibras e podem ser utilizados em ambientes hostis. Estes novos dispositivos serão utilizados na otimização da posição dos sensores de temperatura. Um primeiro sensor array que será utilizado tem as seguintes características (ver Figura 4): temperatura de operação entre -40 a 150°C. O material do cabo de GFRP tem diâmetro de 1,0 mm e terá 5 FBGs distanciadas de 2,0 metros com um comprimento total de 12,0 metros.

5

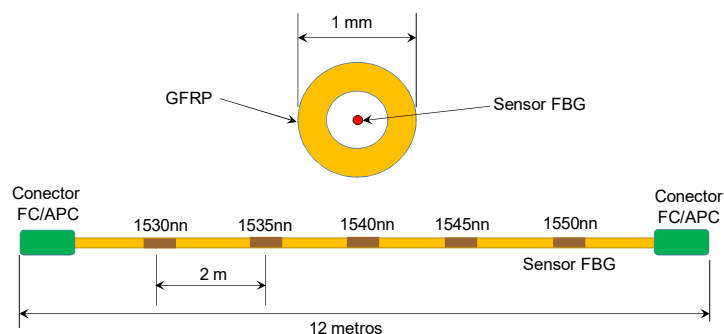


Figura 4 - Diagrama de um cabo FBG array a ser utilizado para medição de temperatura distribuída.

4.0 - RESULTADOS PRELIMINARES DA AVALIAÇÃO DO SENSOR DE ESFORÇOS MECÂNICOS

Foram realizados ensaios para verificar a repetibilidade do sensor de deformação construído em material Transformerboard. Este sensor foi construído colando as extremidades da fibra óptica, mantendo a região central livre de cola, sobre uma parte do transdutor bipartido. Em seguida, as duas partes foram coladas.

Para o ensaio de repetibilidade o sensor de deformação foi submetido a 5 ciclos de compressão e descompressão com forças que variaram entre 0 a 2.000 kgf com passo de 400 kgf a cada 60 segundos. Para realizar este ensaio foi utilizado uma prensa hidráulica com capacidade de compressão de até 2.000 kgf. O interrogador de FBG usado foi Micron Optics modelo si155. A Figura 5 mostra o sensor sendo comprimido neste ensaio.

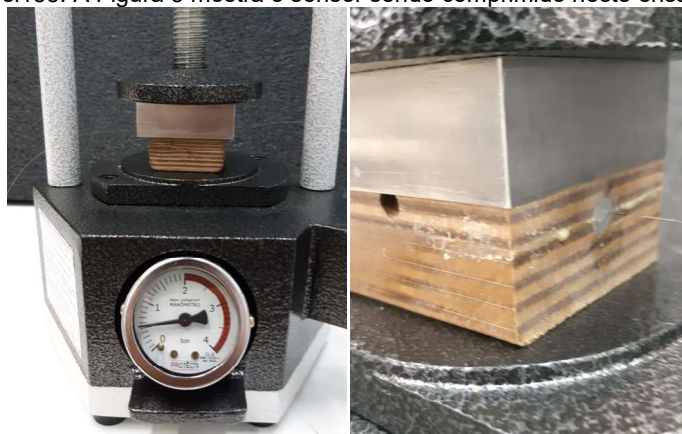


Figura 5 – Compressão do sensor de esforços mecânicos no ensaio de repetibilidade.

O gráfico da Figura 6 apresenta os resultados obtidos do ensaio de da repetibilidade do sensor de esforços mecânicos.

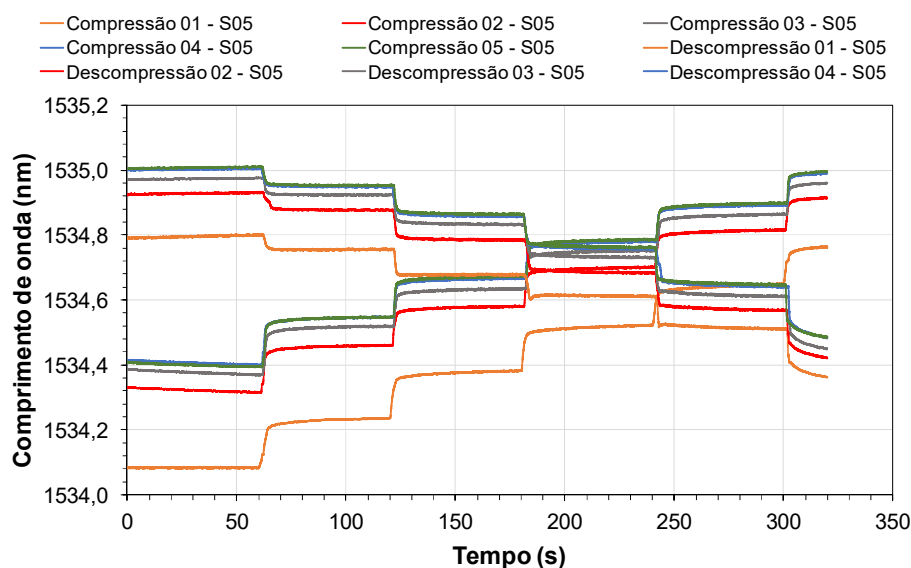


Figura 6 -Resultado dos 5 ciclos de compressão e descompressão da amostra #5 em Transformerboard.

É possível observar que o sensor construído com o material Transformerboard, inicialmente não apresenta repetibilidade. Porém, que o 4º e o 5º ciclo de compressão e descompressão ficaram bem próximos. Também é possível observar que os patamares não são estáveis, isto fica mais evidente nos ciclos de descompressão abaixo de 1.000 kgf.

Nos gráficos da Figura 7 é possível comparar os resultados de compressão e descompressão obtidos do 4º e do 5º ciclo. Nestes gráficos é apresentada a variação do comprimento de onda em função da pressão aplicada, e neles é possível observar que o processo de compressão é linear enquanto que o processo de descompressão não é linear, devido à lenta relaxação do material Transformerboard. No entanto o mais importante para o sensor é a edição da compressão que ocorrerá durante um evento de curto circuito.

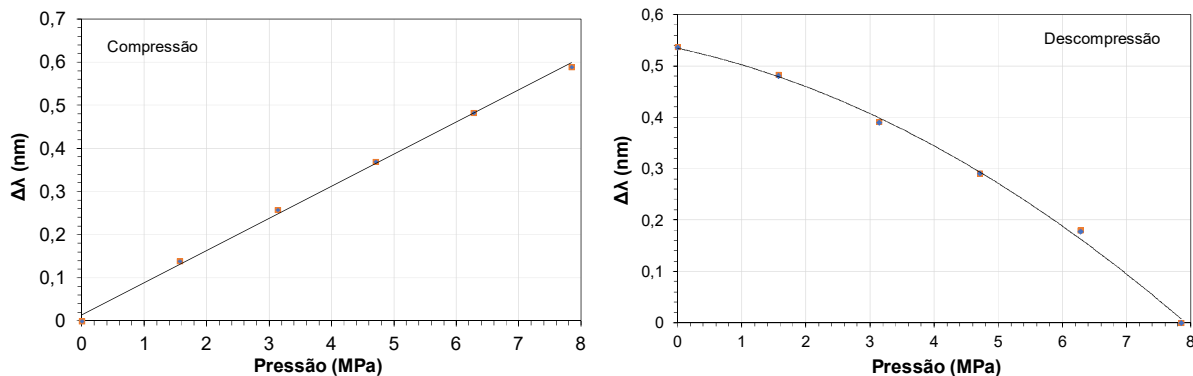


Figura 7 - Resultado da variação do comprimento de onda em função da pressão referente ao 4º e ao 5º ciclo de compressão.

Ensaio a serem realizados posteriormente com o material PEEK podem revelar um comportamento linear tanto na compressão como descompressão. O material PEEK foi submetido ao ensaio de compatibilidade com o óleo mineral isolante conforme a NBR:14274:2013, sendo que o resultado demonstrou que ele não altera qualquer característica físico-química do óleo, sendo assim aprovado para aplicação em transformadores.

5.0 - CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou os resultados preliminares do desenvolvimento sensores utilizando a tecnologia FBG (Fiber Bragg Grating) para medição em tempo real da temperatura e esforços mecânicos em transformadores de potência. Para o monitoramento da temperatura e dos esforços as FBGs que serão instalados nos calços dos enrolamentos do transformador estão sendo utilizados materiais compatíveis com isolamento elétrico de transformadores de alta tensão. O primeiro material testado foi o Transformerboard que já é utilizado na fabricação dos calços dos enrolamentos do transformador. O segundo material é um corpo de polímero chamado PEEK (poliéter-eter-cetona). Ambos os materiais apresentam ótimas características de isolamento elétrico, o que deve garantir que o desempenho do transformador instrumentado não seja afetado. Os primeiros resultados com testes do sensor usando o Transformerboard revelaram que processo de compressão é linear enquanto que o processo de descompressão não é linear, devido à lenta relaxação do material Transformerboard. No entanto o mais importante para o sensor é a medição dos esforços de compressão e descompressão que ocorrerão durante um evento de curto circuito, e mensurar a deformação gerada no bobinado por estes eventos.

Até o mês de agosto será concluído os ensaios com o material PEEK, e com isto será definido o melhor modo de encapsulamento do sensor de pressão e deformação. Também serão executados os ensaios para determinar a capacidade destes sensores de medirem esforços aplicados na ordem de alguns milissegundos, com o intuito de determinar se os sensores serão capazes de medir os esforços gerados pelos eventos transitórios aos quais o transformador é submetido.

Com a definição do melhor encapsulamento para o sensor de pressão será feito o projeto miniaturizado do sensor para a medição também dos esforços radiais dos enrolamentos. Para a medição de temperatura no interior das espiras ou do núcleo será utilizado o próprio material isolante utilizado a décadas na fabricação do transformador fazendo apenas a inserção da fibra no ponto em que pretende realizar a medida da temperatura. Ressalta-se que todos os sensores de deformação/pressão também farão a medição de temperatura. No quinto bimestre deste ano serão realizados os ensaios de validação de todos os sensores do projeto de PID em um transformador de 112,5kVA e 13,8kV.

Com o estudo bibliográfico somado aos ensaios preliminares realizados nos sensores, deslumbra-se uma nova forma de realizar o monitoramento da vida útil dos transformadores, pois saberemos o real estresse térmico que passou a isolamento sólida do equipamento através da medida real da temperatura, além de poderemos monitorar mudanças nas distancias elétricas através do afrouxamento ou compressão dos calços/espacedores dos bobinados.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) H. Zhang et al, "Dynamic Deformation Analysis of Power Transformer Windings in Short-Circuit Fault by FEM", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 24(3), June, (2014).
- (2) Y. Liu et al, "Research on a new fiber-optic axial pressure sensor of transformer winding based on fiber Bragg grating", Photonic Sensors, 7(4), (2017)
- (3) X. Zhang et al, "Real-time temperature monitoring system using FBG sensors on an oil-immersed power transformer," High Voltage Engineering, 40(2), (2014).
- (4) IEEE Standard Test Procedure for Thermal Evaluation of Insulation Systems for Liquid-Immersed Distribution and Power Transformers - Redline", in IEEE Std C57.100-2011 (Revision of IEEE Std C57.100-1999) (2012).
- (5) PEEK datasheet; <https://www.vick.com.br/datasheets/datasheet-peek.pdf>; acesso em 22/04/2019.
- (6) Transformerboard Weidmann; https://sibel.bg/upl_doc/Brochure_Transformerboard.pdf; acesso em 22/04/2019.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



- Aginaldo Goes de Melo – É graduado em Engenharia Industrial Elétrica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná e especialista em instrumentação pela Universidade Federal do Paraná. Atuou por mais de uma década na área de automação e manutenção industrial. Foi docente em cursos técnicos e de aprendizagem do SENAI. Atualmente é engenheiro eletricitista de manutenção de equipamentos de subestações na COPEL Geração e Transmissão. Trabalha com especificação, inspeção, comissionamento e manutenção de equipamentos de transformação de subestações pertencentes ao SEP.

- Daniel Benetti - É Mestre Profissional em Desenvolvimento de Tecnologia pelo Instituto Lacte. Atualmente é engenheiro de manutenção de equipamentos de subestações na Copel Geração e Transmissão. Atua principalmente nos seguintes temas: ensaios e diagnóstico de equipamentos de subestações, confiabilidade aplicada a manutenção, dispositivos de monitoramento on-line, tratamento de óleo isolante, técnicas de manutenção em transformadores e reatores, inspeção em equipamento de alta tensão, elaboração de procedimentos e instruções técnicas de trabalho, cursos de formação e aperfeiçoamento na empresa, participação em projetos de pesquisa.

- Luiz Alckimin de Lacerda - É Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1997. Atualmente é gerente de pesquisa, desenvolvimento e Inovação do Lactec e professor adjunto do departamento de construção civil da Universidade Federal do Paraná. Suas principais áreas de atuação são: mecânica computacional e instrumentação. Suas principais linhas de pesquisa compreendem integridade estrutural, segurança de barragens e instrumentação estrutural com sensores de fibra óptica.

- João Batista Rosolem, concluiu o Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo. Suas áreas de atuação no CPqD é a de sensores de fibra óptica para sistemas de energia elétrica (temperatura de rotor, temperatura de barramentos e linhas de transmissão, descargas parciais de estator de hidrogeradores e de buchas de transformadores, qualidade de contato de chaves seccionadoras, nível de água de barragens, piezômetros, corrente e tensão).

- Danilo César Dini - É Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas. Possui certificação PMP-Project Management Professional pelo PMI-Project Management Institute. Atualmente é pesquisador no CPqD. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica com ênfase em Comunicações Ópticas e atuou na coordenação e caracterização de redes ópticas de longa distância e metropolitanas. Tem atuado no desenvolvimento em projetos de sensores ópticos para o monitoramento em barragens de usinas hidrelétricas, subestações e transformadores de potência em P&D para o Setor Elétrico.

- Fabio Renato Bassan - É Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade de Campinas. Atua no CPqD na área de engenharia elétrica, com ênfase em comunicações ópticas e sensores a fibra óptica tais como: power over fiber, DTS, bending fibers, temperatura de linhas de transmissão, descargas parciais de buchas de transformadores, qualidade de contato de chaves seccionadoras.

- Rodrigo Peres - É engenheiro físico pela Universidade Federal de São Carlos. Cursa mestrado na Faculdade de Tecnologia na Unicamp e é pesquisador da Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações, atuando em projetos de P&D para o setor elétrico, no desenvolvimento de sensores ópticos para o monitoramento e supervisão de linhas de transmissão, subestações e em barragens de usinas hidrelétricas.

- Claudio Floridia - É Doutor em Física pela Universidade Federal de Pernambuco e pesquisador do CPqD onde atua na área de sistemas de sensoriamento com fibras ópticas baseados em diferentes tecnologias tais como sensores com grade de Bragg, sensores distribuídos, sensores de tensão e corrente, técnicas de espectroscopia óptica, entre outros, com aplicações nos setores elétrico, óleo e gás, metroviário, e de monitoramento de estruturas civis.

- Artur De Araujo Silva - Graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Tem experiência na área de simulação por elementos finitos com ênfase em Teoria Eletromagnética e Propagação de Ondas, atuando principalmente nos seguintes temas: fibras microestruturadas e sensores a fibra óptica. Atualmente atua como estagiário no CPqD desenvolvendo simulações acerca de sensores ópticos de gases, pressão e deformação, tensão e corrente elétrica.