

DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO DE INDUÇÃO VOLTADO À INSPEÇÃO NÃO DESTRUTIVA DE MATERIAIS COMPÓSITOS

Caetano Peruchi de Pellegrin¹, Daniel Pedro Willemann², Rodolfo Lauro Weinert³.

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica – CCT/Joinville – Bolsista PIBITI/CNPq

² Orientador, Departamento de Engenharia de Pesca – UDESC/Laguna – daniel.willemann@udesc.br

³ Prefeitura de Joinville – rodolfoweinert@gmail.com

A aplicação de materiais compósitos como mantas de proteção, também conhecidos como reparos compósitos, é cada vez mais presente no meio industrial visto a praticidade, proteção e isolamento que proporcionam a dutos metálicos afetados pelas condições ambiente em que se encontram, como por exemplo, alta umidade e salinidade. A Figura 1 mostra tubulações metálicas com reparos compósitos de fibra de vidro e resina epóxi.



Figura 1. Trechos de tubulações metálicas reparados com material compósito (Fonte: www.rust.com.br)

Todavia, o processo de aplicação de mantas protetoras sobre os dutos, se mal executado, pode deixar imperfeições ou ainda falhas internas podem surgir durante a vida útil do reparo, reduzindo a sua capacidade de proteção. Assim, para a inspeção da qualidade da adesão do reparo compósito à superfície metálica do duto, se faz indispensável o uso de técnicas de inspeção não destrutivas. As técnicas de inspeção não destrutivas são extremamente importantes para as mais diferentes áreas da indústria, pois avaliam a presença de falhas no reparo compósito sem interromper do processo de produção.

Nesse contexto, a shearografia, também conhecida como interferometria de deslocamento lateral, ganha destaque dentre as técnicas não destrutivas dada a sua alta sensibilidade e versatilidade para inspeções em campo. Quando comparada a outras técnicas interferométricas, a shearografia apresenta maior aplicabilidade em campo devido à menor sensibilidade às vibrações externas do ambiente. É uma técnica de inspeção veloz que utiliza um arranjo óptico (interferômetro), um emissor laser e uma câmera digital para capturar imagens da área de interesse. A shearografia detecta as falhas no material por meio da medição do campo de deformações na superfície do reparo. As imagens obtidas pelo sistema são processadas pelo software e resultam em “padrões de franjas” que podem indicar a presença de defeitos.

A inspeção com shearografia necessita que deformações micrométricas sejam induzidas na estrutura por meio de diferentes tipos de carregamentos, que podem ser térmicos ou mecânicos. O carregamento do tipo térmico consiste no aquecimento da região a ser analisada que se deforma devido à dilatação térmica. Além do aquecimento direto do compósito por meio de, por exemplo, sopradores de ar quente ou lâmpadas incandescentes, o carregamento térmico pode ser também realizado na parte metálica através do efeito Joule de uma indução eletromagnética proveniente de um arranjo de bobinas. Este é um carregamento inovador na área de shearografia e, por este motivo, este trabalho desenvolveu um protótipo de bobinas para o aquecimento do reparo a ser inspecionado.

Para o propósito em questão foi escolhido um modelo de bobinas de Helmholtz, tal qual apresentado na Figura 2a. Note que neste tipo de arranjo a distância entre centros das bobinas é igual ao seu raio. A Figura 2b mostra um dos resultados dos primeiros testes de simulação de aquecimento.

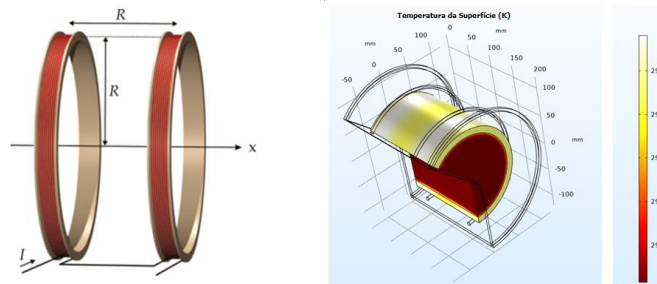


Figura 2. (a) Bobinas de Helmholtz (b) Simulação do gradiente de temperatura em um duto.

Sob o conceito de *digital twins*, um protótipo digital foi construído no software de modelagem e simulação *Comsol Simulation* e diferentes parâmetros puderam ser modificados antes do desenvolvimento físico do dispositivo de indução. Alterando-se os valores de corrente, quantidades de espiras nas bobinas e a frequência de operação de sistema, buscou-se obter uma distribuição suave de temperatura na superfície do duto. Para um duto de 6" de diâmetro nominal (espessura de parede: 10,97mm; diâmetro interno: 146,3mm), comumente encontrando nas indústrias, foi definido para as bobinas de 100 mm de raio uma corrente de 3A, 50 espiras e 30 kHz de frequência de operação durante 30 segundos. Com tais valores obteve-se temperatura externa de 298,74K (25,74°C) e interna de 293,57K (21,57°C) (Figura 2b). Com base em inspeções realizadas em campo, a diferença de 4°C é suficiente para inspeções com shearografia.

Em seguida, projetou-se o controle eletrônico do protótipo. A Figura 3a apresenta o modelo adotado para o controle eletrônico do protótipo que possui um transformador na entrada da alimentação de energia, utilizado para o isolamento entre a rede e o circuito. Em sequência, um conjunto de diodos 1N5408, adequados para a corrente de 3A do circuito, foi utilizado para a retificação da onda, juntamente com um capacitor para a estabilidade de tensão. Por fim, uma chave IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) será utilizada para o acionamento e controle das bobinas. A Figura 3b apresenta o modelo para impressão 3D da estrutura mecânica do protótipo físico a ser utilizado nos testes em bancada.

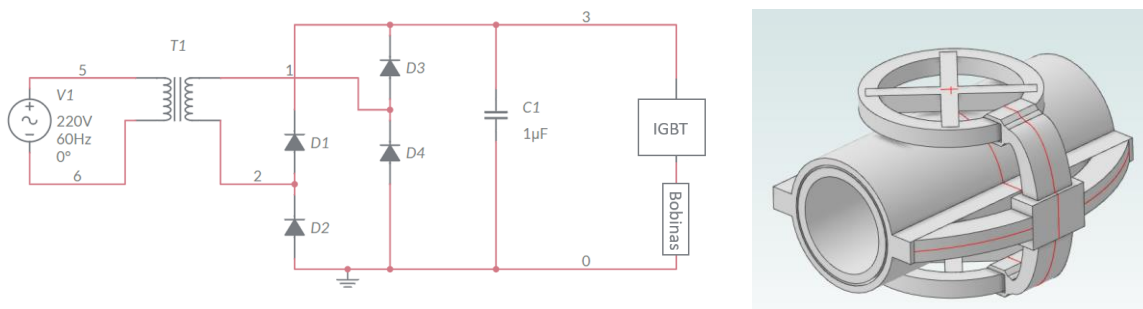


Figura 3. (a) Circuito de acionamento das bobinas. (b) Estrutura mecânica do protótipo.

O protótipo físico consiste em dois arranjos circulares para o enrolamento das bobinas sustentados por um suporte que os conecta e garante a distância adequada do arranjo de Helmholtz. O restante da estrutura mecânica serve para sustentação do protótipo durante o aquecimento da estrutura. O dispositivo de carregamento é inovador e com altíssimo potencial de aplicação na indústria. As pesquisas continuarão após a montagem do protótipo físico e seus resultados serão apresentados em trabalhos futuros.

Palavras-chave: Materiais compósitos, Shearografia, Indução eletromagnética, Bobinas de Helmholtz.