



Caracterização da resposta em frequência de um datalogger de campo eletromagnético para detecção de falhas

Diana Macedo Rodrigues 1 | diana.m09@aluno.ifsc.edu.br
Luis Carlos Martinhago Schlichting | schlicht@ifsc.edu.br
Luiza Yasmim Feijó da Silva | luiza.yf@aluno.ifsc.edu.br
Ícaro Alves Corrêa Picanço | icaro.cp2007@aluno.ifsc.edu.br
Bruno Mota Puls da Silveira | brunopuls501@gmail.com

RESUMO

A medição de campos eletromagnéticos é uma técnica promissora para o diagnóstico não invasivo de falhas em equipamentos elétricos. Contudo, a confiabilidade de tal sistema depende da caracterização prévia dos sensores a serem utilizados. Este trabalho apresenta a caracterização da resposta em frequência de três unidades de um datalogger triaxial. Utilizando um setup experimental capaz de gerar um campo de amplitude constante na faixa de 50 Hz a 9,55 kHz, as curvas de resposta foram levantadas para os eixos X, Y e Z de cada um dos três dataloggers. Os resultados indicaram uma largura de banda útil de aproximadamente 1 kHz e uma anisotropia sistemática, com os eixos X e Y apresentando uma sensibilidade cerca de 8 dB inferior à do eixo Z. Adicionalmente, foi identificada uma anomalia em um dos eixos, que apresentou sensibilidade drasticamente inferior às demais, ressaltando a importância do teste individual dos sensores. Conclui-se que o dispositivo possui limitações operacionais críticas, e o conhecimento de suas características é fundamental para sua correta aplicação.

Palavras-chave: datalogger; resposta em frequência; campo eletromagnético; caracterização de sensores; anisotropia.

1 INTRODUÇÃO

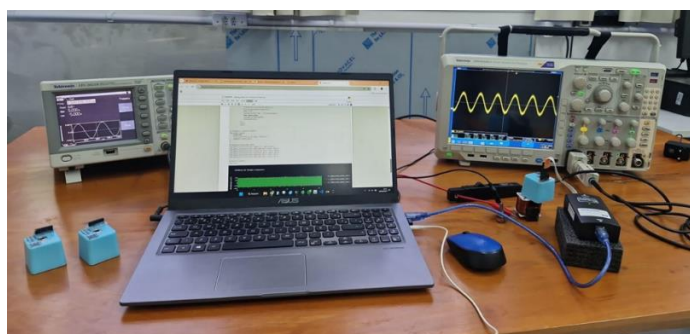
A detecção precoce de defeitos em equipamentos elétricos, como motores e cabos de potência, é crucial para a manutenção preditiva e a segurança operacional. Uma abordagem promissora para o diagnóstico não invasivo dessas falhas é a análise do campo eletromagnético (CEM) irradiado pelo equipamento, e dataloggers dedicados são ferramentas essenciais para este tipo de monitoramento. No entanto, antes que tal sistema de diagnóstico possa ser implementado de forma confiável, é indispensável um conhecimento aprofundado sobre o instrumento de medição a ser utilizado. A caracterização metrológica do datalogger é um passo preliminar crítico, pois permite compreender suas limitações e capacidades. Dentre os parâmetros a serem avaliados, a resposta em frequência é fundamental, pois define o espectro de frequências, ou largura de banda, em que o equipamento pode operar com precisão. Dessa forma, o presente trabalho foca nesta etapa inicial e essencial, tendo como objetivo determinar a curva de resposta em frequência de um datalogger de campo eletromagnético. O estudo busca estabelecer os parâmetros operacionais do dispositivo, conhecendo suas limitações e garantindo que ele seja uma ferramenta válida para o projeto maior de desenvolvimento de um sistema de detecção de falhas.

2 METODOLOGIA

Para determinar experimentalmente a curva de resposta em frequência do datalogger, foi projetado e montado um arranjo de teste (setup) em laboratório, que pode ser visualizado na Figura 1. O sistema foi desenvolvido com o objetivo de gerar um campo eletromagnético de amplitude constante sobre uma faixa de frequência controlada. O setup experimental é constituído por: (i) um gerador de sinais; (ii) uma bobina emissora; e (iii) um sistema de medição e monitoramento, composto por um osciloscópio digital e uma ponteira de corrente.

O procedimento foi repetido de forma independente para cada um dos três eixos ortogonais (X, Y, Z) dos três dataloggers analisados, identificados como F10, F12 e F14. Para cada eixo, o sensor foi posicionado de modo a alinhar o eixo sob teste com a direção principal do campo eletromagnético. O gerador de sinais foi ajustado para varrer a faixa de frequência de interesse em dois regimes: de 50 Hz a 1 kHz, com passos de 50 Hz, e de 1 kHz a 9,55 kHz, com passos de 450 Hz. Para cada ponto de frequência, a corrente na bobina foi mantida constante em 103 mA. Para garantir a robustez estatística, foram realizadas 6 medições em cada ponto, e o valor médio foi utilizado. Por fim, a curva de resposta para cada eixo foi obtida ao se plotar os valores médios em função da frequência, sendo aplicada uma suavização aos dados para melhor visualização da tendência geral.

Figura 1 – Setup de laboratório



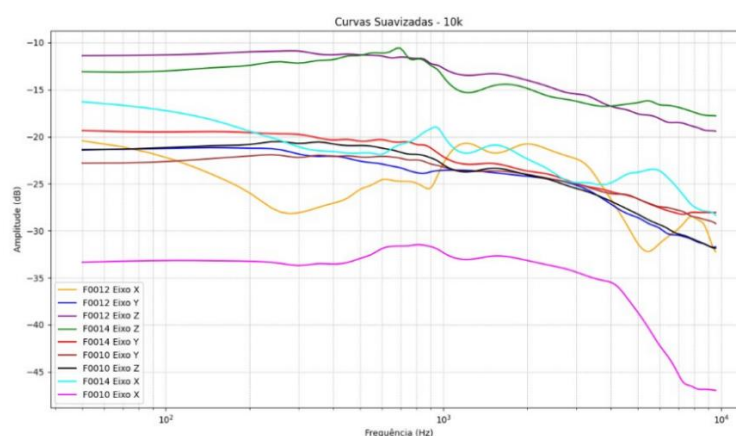
Fonte: Elaboração própria

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação da metodologia descrita resultou no levantamento das curvas de resposta em frequência para os três eixos de cada um dos dataloggers. Os dados obtidos estão compilados no gráfico da Figura 2. A análise dos resultados permite identificar três achados principais.

Primeiramente, todas as curvas exibem um comportamento característico de um filtro passa-baixas. A resposta em amplitude mantém-se relativamente constante em baixas frequências e inicia uma atenuação acentuada a partir de aproximadamente 1 kHz, definindo esta como a largura de banda operacional dos dispositivos.

Figura 2 – Curvas de resposta em frequência



Fonte: Elaboração própria

O segundo e mais significativo achado é a confirmação de uma anisotropia sistemática na sensibilidade dos sensores. Conforme visualizado na Figura 2, há um claro agrupamento das curvas: os eixos Z dos três dataloggers (curvas verde, roxa e

preta) apresentam uma sensibilidade superior, enquanto os eixos X e Y operam em um nível de amplitude aproximadamente 8 dB inferior. Este comportamento indica que a orientação do sensor em relação à fonte de campo é um fator crítico que influencia diretamente o valor medido.

Por fim, o gráfico revela uma anomalia em um dos sensores. A curva do eixo X do datalogger F10 (curva rosa) apresenta uma sensibilidade drasticamente inferior à de todos os outros eixos, sugerindo um possível defeito de fabricação ou uma falha neste sensor específico. Este resultado ressalta a importância da caracterização individual dos dispositivos antes de sua utilização em aplicações críticas.

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho alcançou seu objetivo de determinar a curva de resposta em frequência para três unidades de um datalogger de campo eletromagnético. A metodologia permitiu caracterizar o comportamento dos dispositivos na faixa de 50 Hz a 9,55 kHz, confirmando uma largura de banda operacional útil de aproximadamente 1 kHz e uma anisotropia consistente de aproximadamente 8 dB entre os eixos.

O resultado mais impactante foi a identificação de um comportamento anômalo em um dos sensores testados, que demonstrou uma falha de sensibilidade. Este achado prático valida a premissa central do trabalho: a caracterização individual prévia de cada sensor é um passo indispensável para garantir a confiabilidade de qualquer sistema de medição.

Como trabalhos futuros, pretende-se aprofundar esta investigação por meio da análise de um lote maior de dispositivos e do cálculo do desvio padrão e da variância em cada ponto de frequência. Esta análise estatística é crucial para quantificar a incerteza e a repetibilidade de cada medida, permitindo diferenciar a variabilidade natural do sinal medido de possíveis ruídos ou instabilidades do próprio sensor, um fator essencial para a confiabilidade de um sistema de diagnóstico de falhas.

REFERÊNCIAS

ZHANG, Z. (Ed.). Magnetic Sensors and Magnetometers. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2017

BELLER, G.; SCHNABEL, A.; ORLOWSKA-KOWALSKA, T. Non-Invasive Fault Diagnosis of Induction Motors Using Low-Frequency Magnetic Field. In: 2018 XIII International Conference on Electrical Machines (ICEM), Alexandroupoli, Greece, 2018, pp. 1954-1960.