

Previsão da Tensão Interfacial de Óleos Isolantes usando Espectroscopia no Infravermelho Próximo e Calibração Multivariada

Mariana da S. Godinho¹ (PG), Maykon A. Lemes¹ (IC)*, Anselmo E. de Oliveira² (PQ) e Marcelo M. Sena¹ (PQ), maykonlemes@hotmail.com

¹ UnUCET, Universidade Estadual de Goiás (UEG), BR 153, Km 98, Anápolis /GO, 75001-970

² Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás (UFG), Caixa Postal 131, Goiânia/ GO

Palavras Chave: transformadores, NIR, PLS, quimiometria, papel Kraft, sistema isolante.

Introdução

O sistema isolante de transformadores é composto por papel Kraft imerso em óleo mineral. A vida útil de um transformador é definida pelo estado do sistema isolante, o qual é afetado por algumas variáveis decorrentes do processo de aquecimento, tais como presença de umidade, O₂ e CO₂, as quais aceleram o processo de degradação levando à alteração das propriedades físico-químicas tanto do óleo quanto do papel. A tensão interfacial do óleo é um dos parâmetros monitorados para avaliar as condições do sistema. Quanto mais oxidado estiver o óleo, menor será sua tensão interfacial. Além disso, ela também é afetada pela presença de substâncias provenientes da degradação do papel.¹ A quantificação dessa propriedade é feita utilizando um tensiômetro de torção, e o método padrão² apresenta as desvantagens de possuir baixa precisão ($s \approx 10\%$) e ser relativamente demorado. Por outro lado, métodos analíticos baseados em espectroscopia NIR são rápidos, não destrutivos e de aplicação quase universal. Como a natureza desta região espectral é complexa e raramente permite determinações univariadas, a combinação de NIR com métodos quimiométricos de calibração multivariada torna-se promissora. O objetivo deste trabalho foi usar espectroscopia NIR e o método dos mínimos quadrados parciais (PLS) para construir um modelo de previsão da tensão interfacial de óleos isolantes usados em transformadores.

Resultados e Discussão

Foram obtidas 48 amostras de óleos usados em transformadores junto à Centrais Elétricas de Goiás S.A. (CELG). A tensão interfacial foi medida² usando um tensiômetro de torção Krüss modelo K8, apresentando resultados entre 16 e 45 dyn/cm. Os espectros dessas amostras foram coletados usando um espectrofotômetro Perkim Elmer Spectrum 100N FTIR e uma cubeta de quartzo de 1 mm de caminho óptico, na região de 4000 a 7800 cm⁻¹ (1282 a 2500 nm), com uma resolução de 4 cm⁻¹ e 32 varreduras.

As amostras foram divididas em 40 para o conjunto de calibração e 8 para o de validação (selecionadas a partir da observação dos escores de uma PCA, de

modo a serem homogêneas representativas de toda a faixa de variação espectral). Foram testados modelos em várias regiões espectrais e em várias condições e o melhor modelo PLS foi obtido na faixa de 2100 a 2300 nm (Fig. 1), usando alisamento Savitsky-Golay. Essa faixa corresponde à banda de combinação C=C aromática (2164 nm), associada à presença de compostos furânicos provenientes da degradação do papel.¹ Este modelo foi construído com 5 variáveis latentes, que explicaram 99,9% da variância do bloco X e 73,2% do bloco Y. O erro médio quadrático de previsão (RMSEP) foi de 1,7 dyn/cm, comparável à exatidão do método padrão (2 dyn/cm).² O valor de r para a reta dos valores de referência versus valores previstos foi 0,980. As amostras de validação apresentaram erros de previsão entre -3,3 e 7,9%.

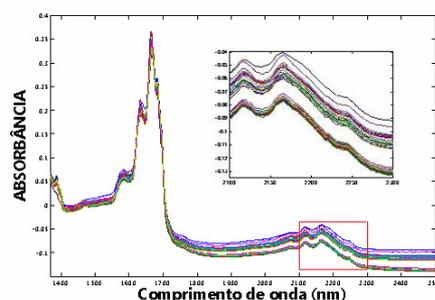


Figura 1. Espectros das 48 amostras de óleo. Em destaque, a região que forneceu o melhor modelo.

Conclusões

A determinação da tensão interfacial de amostras de óleo usando espectroscopia NIR e PLS forneceu um novo método para monitor o sistema isolante, uma vez que a avaliação do óleo é uma forma indireta de avaliar o estado de degradação do papel e o controle desse sistema demanda muito tempo. Este método abre perspectivas para se propor um método de controle *on-line* para o sistema.

Agradecimentos

À CELG pelas amostras e ao Prof. R. J. Poppi (LAQQA/UNICAMP) pelo uso do espectrofotômetro.

¹ Kachler, A.J.; Höhle, I.; *IEEE Elect. Ins. Mag.* **2005**, *21*, 15.

² ABNT, norma NBR 6234, Determinação da tensão interfacial de óleo-água, 1965.