



بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۵-۱۶ بهمن ۱۳۹۸



تشخیص تخریب روغن ترانسفورماتور از طریق طیف‌سنجی فلورسانس القایی لیزری

علیرضا آکنده، پرویز پروین*، علی بوالی، زهرا زارع، ستاره ابراهیم‌نسب، محمدمهدی فانی

دانشکده فیزیک دانشگاه امیرکبیر، 15875-4413، تهران، ایران

*parvin@aut.ac.ir

چکیده - در این مقاله با استفاده از تکنیک طیف‌سنجی فلورسانس القایی لیزری به بررسی اثر تخریب حرارتی و اکسایش دو نوع از روغن‌های عایقی ترانسفورماتور پرداخته شده است. آنچه که در این پژوهش دارای اهمیت است، استفاده از روش طیف‌سنجی فلورسانس القایی لیزری در تعیین سطح کیفیت و سلامت روغن عایقی می‌باشد. بطور تجربی نشان داده‌ایم که مدت‌زمان حرارت‌دهی سبب جابجایی طیفی قرمز و همچنین کاهش شدت در طیف فلورسانس می‌شود.

کلیدواژه- جابجایی طیفی، روغن ترانسفورماتور، طیف‌سنجی فلورسانس القایی لیزری

Effect of Transformer Oil Temperature on Laser Induced Fluorescence Spectroscopy

Alireza Akande, *Parviz Parvin, Ali Bavali, Zahra Zare, Setareh Ebrahimnasab, Mohammad Mahdi Faani

Physics Dept, Amirkabir University of Technology, P.O.Box 15875-44413, Tehran, Iran

*parvin@aut.ac.ir

Abstract- In this paper, laser induction fluorescence spectroscopy is employed to investigate the thermal degradation and oxidation of two types of transformer oils. What is important in this study is the use of fluorescence spectroscopy in determining the quality and health of insulator oils. It is shown that increasing the heating duration leads to decrease in the fluorescence intensity and the corresponding red spectral shift.

Keywords: Laser induced fluorescence spectroscopy, Spectral Shift, Transformer Oil

مقدمه

امروزه برق فشارقوی^۱ به طور گسترده در ایستگاه‌های توزیع و انتقال برق، خطوط انتقال برق به منظور افزایش بازده و کاهش تلفات الکتریکی، نیروگاه‌ها، صنایع مختلف، آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حوزه‌های پژوهش هسته‌ای و یا شتاب‌دهنده‌های ذرات زیراتمی، تجهیزات پرتونگاری صنعتی و پزشکی کاربرد دارد [۱]. براساس تجربه ثابت شده‌است که تلفات عمده‌ای که ترانسفورماتورهای حاوی روغن، با آن‌ها درگیر هستند، به طور مکرر رخ می‌دهند. به همین منظور پژوهشی پنج ساله در این راستا انجام شده‌است [۲]. روغن ترانسفورماتور که از دسته‌ی روغن‌های معدنی با فرمول $C_nH_{2 \times n}$ و $C_nH_{2(n+1)}$ بشمار می‌آیند، ترکیبی از اشکال مولکولی خطی، حلقوی و نیمه حلقوی تشکیل شده‌اند. این روغن‌ها در انواع زیادی از ابزارهای توزیع و تولید قدرت بعنوان یک سیال بکار می‌روند. در حالت کلی روغن عایقی بکار رفته در ترانسفورماتورها سه وظیفه مهم و حیاتی را برعهده دارد. از این روغن‌ها به عنوان عایق الکتریکی، خنک کننده و حمل کننده اطلاعات استفاده می‌گردد [۳]. گذر زمان و عملکرد دائمی روغن‌های ترانسفورماتور سبب کاهش کیفیت آن‌ها می‌شود که عمدتاً ناشی از افزایش دما، رطوبت، اکسید شدن، تخلیه الکتریکی و عوامل دیگر می‌باشد. افزایش اسیدیته روغن در حال سرویس، نشان‌دهنده پیری روغن است. محصولات جانبی اسیدی بر تخریب مواد سلولزی تأثیر می‌گذارند و ممکن است به خوردگی^۲ قطعات فلزی در ترانسفورماتور منجر شوند [۳].

امروزه مراقبت از ترانسفورماتورها از اهمیت زیادی برخوردار است که این مراقبت‌ها شامل انواع روش‌های حفاظتی،

نگهداری، بازدارندگی و تشخیص عیوب خطاها می‌باشد. لذا استفاده از روشی که بتواند نظارت انجام دهد، حائز اهمیت است. در این راستا روش LIF در شناسایی مؤلفه‌های هیدروکربنی کاربرد شاخصی دارد که شامل نظارت مستقیم آب دریا به منظور تشخیص مواد نفتی و مشتقات آن‌ها، بررسی کیفیت و پایداری گرمایی و میزان تخریب و کیفیت سوخت‌ها و پایش خاک‌های محیط به منظور تشخیص روغن‌های بیولوژی و هیدرولیکی قبلاً گزارش شده‌است [۴]. از مزایای روش LIF می‌توان به سرعت تحلیل نمونه، هزینه نسبتاً پایین و قابل حمل بودن اشاره کرد. هدف از این مطالعه، بررسی طیف فلورسانس القایی روغن عایقی تخریب شده است.

نظریه LIF

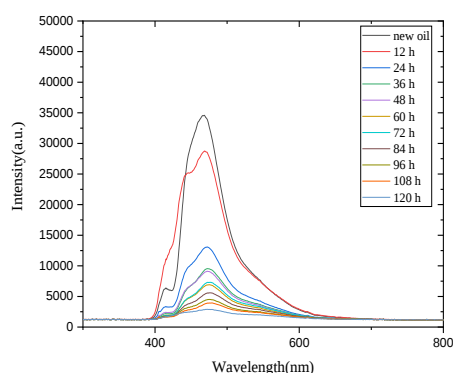
طیف‌سنجی LIF شامل تحریک اتم یا مولکول به کمک لیزر و انتقال به ترازهای کوانتومی برانگیخته و سپس گسیل خودبخودی تابش گذار از تراز تحریکی به تراز پایه است. در این روش لیزر با طول موج مشخص به نمونه تابیده شده و انرژی موردنیاز جهت جذب توسط فلوفور و برانگیختگی آن تأمین می‌گردد. طیف گسیلی از نمونه به طور همزمان بیانگر نوع و غلظت فلوفور می‌باشد.

آزمایش‌ها و نتایج

با توجه به این که کیفیت روغن بکار رفته در ترانسفورماتورها و تشخیص سالم و سوخته بودن این روغن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است، به منظور بررسی روغن تخریب شده از طیف‌سنجی LIF استفاده شده‌است. افزایش مدت زمان سرویس‌دهی و اکسید شدن از عوامل اصلی تخریب روغن هستند. نتایج برای روغن ترانسفورماتور با کد اختصاصی

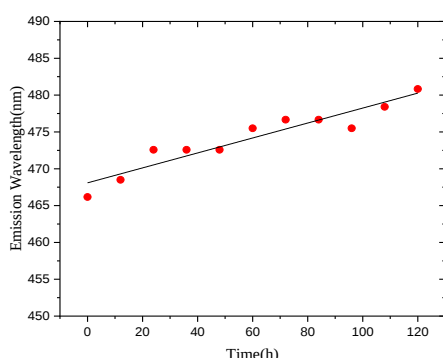
^۱ High Voltage

^۲ Corrosion

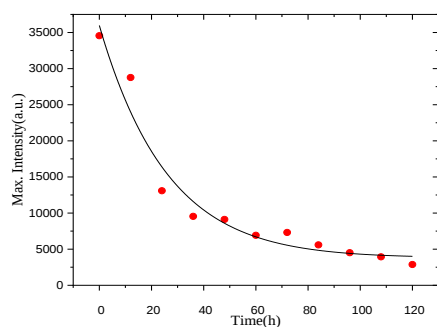


شکل ۲: تغییرات طیف فلورسانس برای نمونه ZA02 با مدت زمان حرارت دهی و اکسایش متفاوت.

منحنی تغییرات طول موج انتشار روغن ZA02 در شکل (۳) قابل مشاهده است. همچنین در شکل های (۴) بیشینه شدت طیف فلورسانس القایی برای این روغن قابل مشاهده است.

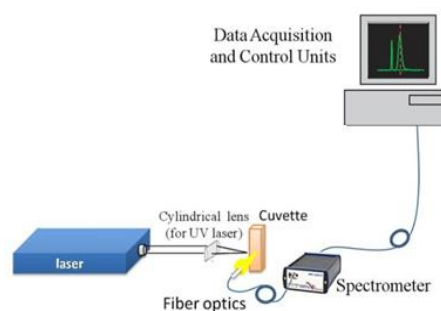


شکل ۳: تغییرات طول موج انتشار روغن ZA02 با مدت زمان حرارت دهی و اکسایش مختلف.



شکل ۴: تغییرات شدت بیشینه طیف فلورسانس روغن ZA02 در مدت زمان حرارت دهی و اکسایش مختلف.

ZA02 بدست آمده است. در این پژوهش پرتو دهی با لیزر دیودی ۴۰۵ نانومتر با توان عملی ۱۲۰ میلی وات انجام شد و سپس طیف فلورسانس با استفاده از طیف سنج نوری avaspec_2048 بهره گیری شد. با این روش، تأثیر مستقیم قرارگیری طولانی مدت در معرض حرارت بر سلامت روغن در دمای سرویس دهی یعنی ۹۰ درجه سانتی گراد، اندازه گیری شد. حرارت دهی با استفاده از سیستم گرمایشی صفحه ای (هات پلیت) صورت گرفته است. چیدمان آزمایشگاهی مورد استفاده در شکل (۱) قابل مشاهده است. همچنین این آزمون ها در آرایه زاویه قائم انجام پذیرفته اند.



شکل ۱: چیدمان آرایه زاویه قائم برای طیف سنجی LIF.

شکل (۲) تأثیر مدت زمان حرارت دهی و اکسیداسیون بر شدت طیف فلورسانس گسیلی ثبت شده برای روغن عایقی ZA02 به کمک لیزر بنفش را نشان می دهد. حرارت دهی به صورت مداوم اعمال شده و نمونه ها به مدت ۱۲۰ ساعت بدون وقفه در معرض حرارت قرار گرفته اند. در این گام به منظور دخالت دادن اکسیداسیون، در تمام مدت حرارت دهی درب ظروف مک-کارتی باز نگه داشته شده اند تا امکان تبادل اکسیژن وجود داشته باشد. مطابق این شکل، با افزایش مدت زمان حرارت دهی، علاوه بر مشاهده جابجایی طیفی قرمز در طیف فلورسانس، شدت فلورسانس نیز با کاهش چشمگیری همراه می باشد.

همچنین حضور اکسیژن آزاد در محیط به عنوان یک
فرونشان قوی شناخته می شود.

نتیجه گیری

در این مقاله و با توجه به نتایج ارائه شده، با بهره گیری از
روش طیفسنجی فلورسانس القایی لیزری به بررسی اثر
تخریب حرارتی و اکسایش روغن ترانسفورماتور پرداخته
شده است. بنابراین روش طیفسنجی فلورسانس القایی
لیزری، روشی کارآمد برای رصد حضور هیدروکربن های
آروماتیک چندحلقه و اکسیژن و در نهایت تعیین سطح
کیفیت و سلامت روغن عایقی، می باشد.

مرجع ها

[۱] ثقفی، مهدی. و هوشمند، رحمت الله. عایق ها و فشارقوی
(۱۳۸۶). اهواز: دانشگاه شهید چمران.

[2] William H. Bartley, HSB, Analysis of Transformer
Failures, Proceedings of the Thirty-Six Annual.
International Association of Engineering Insurers
Conference, Stockholm, 2003.

[3] Eklund, M., Jarman, P., Newesely, G.,
Pahlavanpour, B., Sundkvist, K. (2009).
Transformer oil handbook (Second ed.). Sweden:
Nynas AB.

[4] Amann, H., Phys. Sc, 68-78, 1998.

با افزایش مدت زمان سرویس دهی، شاهد جابجایی طیفی
قرمز و کاهش شدت در طیف فلورسانس هستیم. یکی از
عوامل این نتیجه وجود ترکیبات هیدروکربن های آروماتیک
چند حلقه ای است. افزایش این ترکیبات موجب جابجایی
طیف جذب و گسیل از ناحیه فرابنفش برای روغن عایقی نو
به ناحیه مرئی برای روغن های کارکرده، می گردد؛ هرچه
میزان زمان کارکرد روغن عایقی بیشتر باشد شاهد جابجایی
بیشتری خواهیم بود. همچنین موجب کاهش طول جذب
لیزر در محیط روغن می گردد، بدان معنا که با افزایش تعداد
گونه های جاذب، تعداد بسیار زیادی از فوتون های فرودی در
ابتدای محیط جذب شده و به همین سبب ماکزیمم مسافتی
که بیم فرودی طی می کند تا شدت آن $1/e$ گردد، کاهش
می یابد. عامل دیگر حضور اکسیژن در اکثر فرآیندهای
تشریح شده اکسایش روغن عایقی است. با افزایش
مولکول های اکسید شده فلورسانس گسیلی از فلوروفورهای
موجود در محیط پیش از آنکه مجال باز جذب توسط
مولکول های نرمال روغن را پیدا کنند، توسط همین
مولکول های اکسید شده، باز جذب می شوند و ناحیه باز
جذب های جدیدی را نسبت به گذشته ایجاد کنند و