

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ ĐẶC TÍNH LÀM VIỆC CỦA DẦU CÁCH ĐIỆN NGUỒN GỐC THỰC VẬT ENVIRONTEMP FR3 TRONG MÁY BIẾN ÁP PHÂN PHỐI VIỆT NAM

EVALUATION OF INSULATION OIL ENVIRONTEMP3 IN DISTRIBUTION TRANSFORMER IN VIET NAM

Nguyễn Nhất Tùng*, Nguyễn Đức Quang

TÓM TẮT

Bài báo trình bày các nghiên cứu, thí nghiệm đánh giá đặc tính của dầu máy biến áp có nguồn gốc thực vật, cụ thể là dầu Envirotemp FR3, trong điều kiện vận hành thực tế của máy biến áp phân phối tại Việt Nam. Các thí nghiệm theo tiêu chuẩn quốc tế, bao gồm: thí nghiệm điện áp đánh thủng, tổn thất điện môi, trị số axit, axit-bazơ hòa tan trong nước, hàm lượng nước trong dầu, nhiệt độ chớp cháy, tạp chất cơ học, hàm lượng khí hòa tan và các thí nghiệm thực tế với máy biến áp. 02 mẫu dầu được thí nghiệm là dầu khoáng GK của Nga đang sử dụng tại Nhà máy Thủy điện Hòa Bình và dầu thực vật Envirotemp FR3. Các nghiên cứu mô phỏng đáp ứng của 02 loại dầu trên trong máy biến áp phân phối thực tế được thực hiện ở các nội dung tiếp theo. Các kết quả thí nghiệm và tính toán cho phép rút ra một số đánh giá quan trọng trong việc kiểm chứng đặc tính của dầu có nguồn gốc thực vật khi áp dụng trong máy biến áp phân phối tại Việt Nam.

Từ khóa: Dầu cách điện máy biến áp, thí nghiệm tiêu chuẩn IEC, dầu nguồn gốc thực vật, Envirotemp FR3, dầu khoáng GK, mô phỏng máy biến áp phân phối.

ABSTRACT

The paper presents a detailed study in reviewing and assessing the practical properties of transformer vegetable oil, namely Envirotemp FR3 oil, under actual operating conditions of distribution transformer in Vietnam. The experiments are performed according to IEC standards, including breakdown voltage test, dielectric loss, acid value, water-soluble acid-base, water content in oil, flash point fire, mechanical impurities, dissolved gas content and experiments with power transformer. Samples of experimental oil are Russian-produced GK mineral oil currently used at Hoa Binh Hydropower Plant and Envirotemp FR3 oil. The final part of paper presents a simulation calculation when two comparable oils are used in an actual distribution transformer. Experimental and simulation results allow us to draw some important assessments in verifying the properties of vegetable oils when applied for the transformer in Vietnam.

Keywords: Transformer-insulated oils, IEC standard experiments, vegetable origin oils, Envirotemp FR3, GK mineral oil, simulation of distribution transformers.

Khoa Kỹ thuật điện, Trường Đại học Điện lực

*Email: nhattung.nguyen@gmail.com

Ngày nhận bài: 10/4/2020

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 20/6/2020

Ngày chấp nhận đăng: 24/6/2020

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, hầu hết máy biến áp (MBA) cấp phân phối và truyền tải đều được cách điện bằng dầu khoáng. Tuy nhiên, điểm hạn chế của dầu khoáng là khả năng phân hủy thấp và gây ô nhiễm khi xảy ra sự cố làm thoát dầu ra môi trường.

Nguyên nhân dầu khoáng gây ra sự ô nhiễm môi trường là do thành phần có các gốc Hydrocarbon và một số chất phụ gia làm tăng độ bền điện và độ bền oxy hóa [1]. Để khắc phục nhược điểm này, nhiều loại dầu sinh học có nguồn gốc từ thực vật, sản sinh ra lượng khí CO₂ trong quá trình phân hủy hầu như không đáng kể, trong khi với dầu khoáng, lượng khí này sinh ra sẽ cao hơn nhiều lần [2-4].

Nhiều hãng sản xuất MBA lớn trên thế giới đã áp dụng dầu có nguồn gốc tự nhiên Biotemp cho các dòng máy biến áp phân phối (Toshiba, Cooper, Eaton,...) điều mà còn khá mới mẻ với các doanh nghiệp sản xuất MBA tại Việt Nam. Do đó, việc nghiên cứu ứng dụng loại dầu thực vật này với các sản phẩm MBA của Việt Nam là một yêu cầu cấp thiết.

Bài báo trình bày nghiên cứu chi tiết trong việc xem xét, đánh giá đặc tính thực tế của dầu biến áp có nguồn gốc thực vật, cụ thể là Envirotemp FR3 trong điều kiện vận hành thực tế tại MBA phân phối của Việt Nam. Sự kết hợp giữa thí nghiệm thực tế và mô phỏng bằng máy tính đã cho ra những kết quả khả quan về việc áp dụng loại dầu này tại Việt Nam.

2. DẦU MÁY BIẾN ÁP CÓ NGUỒN GỐC THỰC VẬT

Envirotemp FR3 là chất lỏng cách điện có nguồn gốc este tự nhiên được làm từ dầu thực vật, thân thiện với môi trường [3-6]. Đặc tính nổi bật của loại dầu này là dễ dàng phân hủy sinh học và không độc tính. Ngoài ra, loại dầu này có đặc tính ưu việt về độ chịu lửa, độ ổn định nhiệt cao và tính năng cách điện, cụ thể như sau:

- Có khả năng phân hủy đến 99%, đạt yêu cầu của quy định về môi trường, không phải là rác thải nguy hại.
- Nhiệt độ chớp cháy cao, áp suất hình thành thấp khi xảy ra sự cố hồ quang, làm giảm rủi ro cháy nổ biến thế.
- Khả năng giữ ẩm cao của dầu sinh học giúp giảm cách điện có tốc độ lão hóa chậm hơn.

- Hiệu quả truyền nhiệt tốt hơn dầu khoáng.
- Khả năng tái tạo sau sử dụng bằng các biện pháp dùng phụ gia có sẵn trong cuộc sống.
- Tuổi thọ tương đương với dầu khoáng.

Trong các nội dung tiếp theo, các đặc tính của dầu máy biến áp này sẽ được nghiên cứu và phân tích bằng thí nghiệm thực tế kết hợp với mô phỏng máy tính.

3. THÍ NGHIỆM DẦU CÁCH ĐIỆN MÁY BIẾN ÁP

3.1. Các thí nghiệm kiểm chứng đặc tính của dầu máy biến áp

Đối với các loại dầu được sử dụng làm vật liệu cách điện, các yêu cầu cơ bản gồm có tính cách điện, tính tản nhiệt, tính chống ăn mòn và oxy hoá dầu [6]. Các tính chất này được đảm bảo bằng các tham số đo lường theo tiêu chuẩn quốc tế với mỗi loại dầu [7-17] (bảng 1).

Bảng 1. Các tiêu chuẩn quốc tế với các loại dầu cách điện

Dầu khoáng	Dầu ester tự nhiên
IEC 60296-4.0 - 2012-02 - Chất lỏng cho ứng dụng kỹ thuật điện - Một số loại dầu khoáng cho MBA và máy cắt [2]	IEC 62770-1.0 - 2013-11 - Chất lỏng cho ứng dụng kỹ thuật điện - Một số loại dầu ester tự nhiên cho MBA và các thiết bị điện tương tự [4]
ASTM D 3487-09 - Tiêu chuẩn đặc tính kỹ thuật đối với dầu khoáng sử dụng trong thiết bị điện [3]	ASTM D 6871-03-2008 - Tiêu chuẩn đặc tính kỹ thuật đối với dầu ester tự nhiên sử dụng trong thiết bị điện [5]
IEEE STD C57.106-2006 - IEEE Hướng dẫn sử dụng và bảo dưỡng dầu cách điện trong thiết bị [16]	IEEE STD C57.147-2008 - IEEE Hướng dẫn sử dụng và bảo dưỡng dầu ester tự nhiên trong MBA [17]

Hai loại dầu được thí nghiệm đối chứng là các loại dầu mới: Dầu FR3 - dầu có nguồn gốc từ đậu nành và dầu khoáng FK, đang được sử dụng trong các MBA của Nhà máy Thủy điện Hoà Bình.

3.1.1. Các thí nghiệm tính chất điện

Đặc tính điện quan trọng nhất của dầu MBA là điện áp đánh thủng [8] và tổn thất điện môi tgđ. Sơ đồ thí nghiệm và kết quả được thể hiện trên hình 1, 2.

Với kết quả về điện áp đánh thủng, hình 2a, dầu thực vật Envirotemp FR3 có khả năng cách điện cao hơn so với dầu máy biến áp FK, dầu khoáng thông thường. Theo tiêu chuẩn [3], giá trị này không được nhỏ hơn 35kV/cm. Như vậy, với quan điểm quan trọng nhất về khả năng cách điện, dầu thực vật Envirotemp FR3 đã cho thấy tính khả thi và ưu điểm trong việc sử dụng làm vật liệu cách điện thay thế cho các loại dầu khoáng khác.

Thí nghiệm đo tổn thất điện môi tgđ, đại lượng đặc trưng cho sự chất lượng cách điện của điện môi, có ảnh hưởng rất nhiều bởi độ gia nhiệt của mẫu thí nghiệm, hình 1b. Kết quả thí nghiệm, hình 2b, cho thấy tổn thất điện môi của dầu Envirotemp FR3 lớn hơn khá nhiều so với dầu khoáng thường; giá trị này cũng lớn hơn rất nhiều so với giá trị do nhà sản xuất cung cấp (~0,02) [18]. So sánh với tiêu chuẩn [19], tgđ < 1,5%, thì kết quả vẫn trong phạm vi cho phép đối với việc áp dụng cho các máy biến áp phân

phối có điện áp từ 110kV trở xuống. Có 02 giả thiết giải thích cho kết quả thí nghiệm, đó là:

- Đây là kết quả thường thấy khi tiến hành thí nghiệm với các dầu được đánh giá là quá mới (mới chế tạo) và cần có thời gian ổn định [18]. Ngoài ra, rất nhiều nghiên cứu cũng đã chỉ rõ nhiệt độ có yếu tố ảnh hưởng rất nhiều đến tổn hao điện môi của loại dầu thực vật, giá trị có thể tăng rất nhiều lần nếu vượt quá 100°C [20].

- Sự phân huỷ của loại dầu thực vật cao khi để tiếp xúc với không khí, phần nào điều này đã xảy ra trong quá trình đóng rót, vận chuyển từ nhà máy đến phòng thí nghiệm.

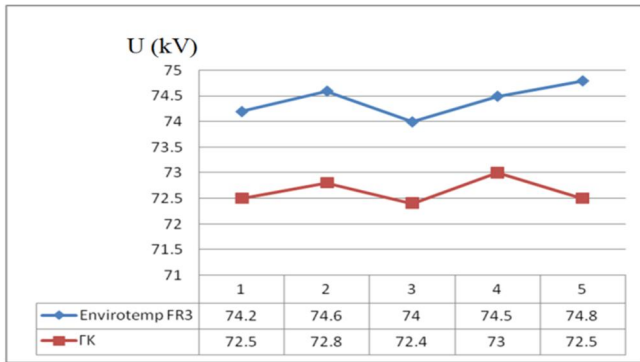


a)

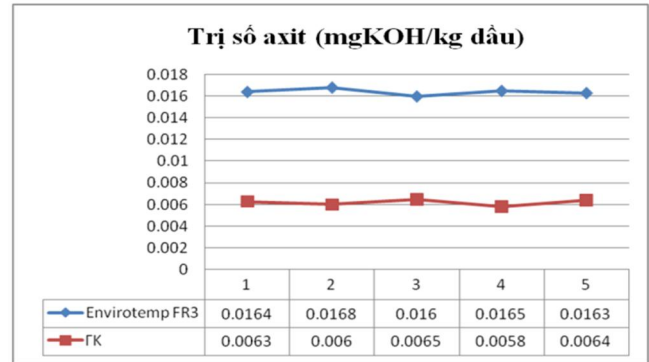


b)

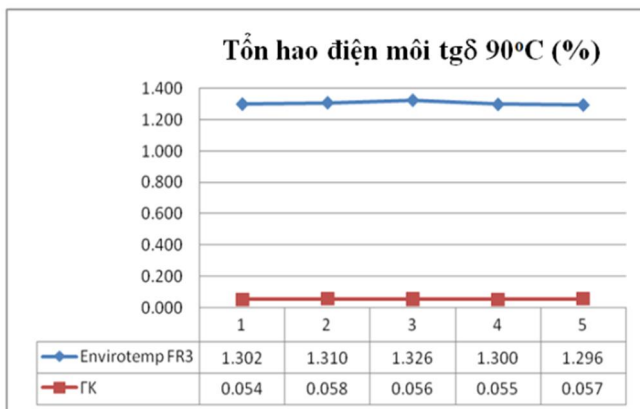
Hình 1. Các thí nghiệm đặc tính cách điện dầu MBA
a) Thí nghiệm điện áp đánh thủng và máy đo Portatest A2
b) Thí nghiệm tổn thất điện môi tgđ và máy đo



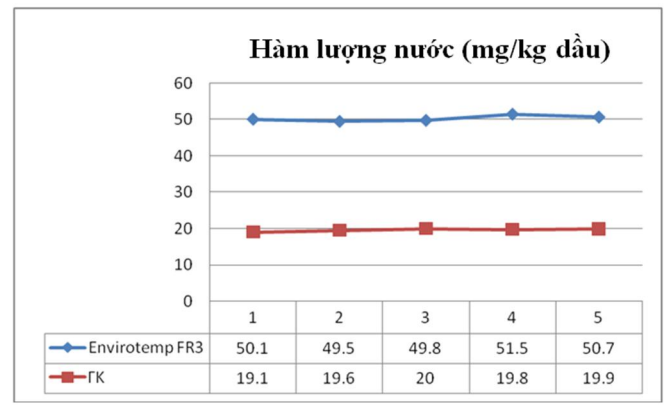
a)



a)



b)



b)

Hình 2. Kết quả thí nghiệm các đặc tính điện dầu MBA của dầu Envirotemp FR3 và dầu khoáng FK: a) Kết quả đo điện áp đánh thủng; b) Kết quả đo tổn hao điện môi tg

3.1.2. Các thí nghiệm đặc tính hoá học

Các thí nghiệm hoá học đối chứng với 02 loại dầu được thực hiện với các hạng mục: thí nghiệm trị số axit, thí nghiệm axit-bazơ hoà tan, tạp chất cơ học, hàm lượng khí hoà tan và hàm lượng nước trong dầu. Các thí nghiệm được tiến hành theo các tiêu chuẩn [10, 11] với kết quả thể hiện trên hình 3.

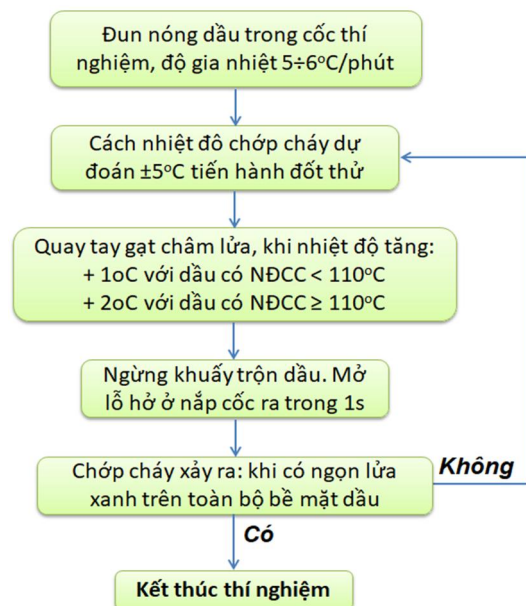
Về cơ bản, lượng axit có trong dầu cao, hình 3a, là điều không mong muốn đối với các vật liệu thể rắn có trong MBA. Tuy nhiên, giá trị trị số axit đo được vẫn nằm trong tiêu chuẩn IEC dùng cho MBA [16, 17], ở giá trị yêu cầu < 0,6 mgKOH/kg. Ngoài ra, loại axit trong dầu FR3 (dầu tự nhiên) có dạng chuỗi dài và kém nguy hại hơn so với axit chuỗi ngắn của dầu khoáng. Điều này đã được rất nhiều nghiên cứu trên thế giới chỉ ra khi so sánh về mức độ hư hỏng theo thời gian của các vật liệu cách điện thể rắn (giấy cách điện) khi ngâm trong dầu Envirotemp FR3 và dầu khoáng thông thường [21].

Kết quả về hàm lượng nước tan trong dầu, hình 3b, cho thấy có giá trị cao hơn gấp 2 lần so với dầu khoáng FK. Đây là một yếu tố có lợi cho loại dầu này vì tránh được việc hình thành các hạt nước trong dầu do khả năng tan của nước trong dầu cao. Ngoài ra, tính giữ ẩm còn giúp loại dầu này có lợi thế trong việc bảo quản, tăng tuổi thọ giấy cách điện [22-23].

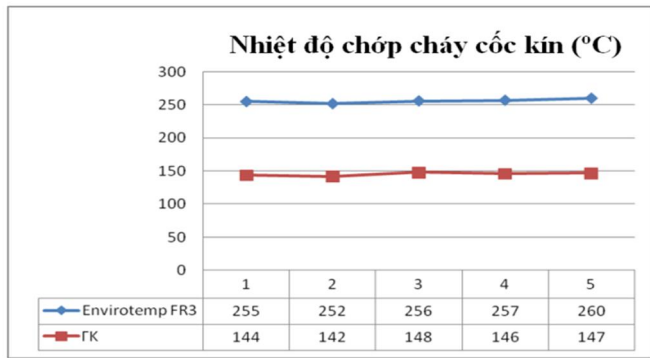
Hình 3. Kết quả thí nghiệm các đặc tính hoá học dầu MBA của dầu Envirotemp FR3 và dầu khoáng FK: a) Kết quả đo trị số axit; b) Kết quả đo hàm lượng nước

Các thí nghiệm khác, như hàm lượng axit-bazơ hoà tan theo tiêu chuẩn, tạp chất trong dầu, hàm lượng khí hoà tan [11-15], đều cho các kết quả tốt, tương đương với dầu khoáng FK.

3.1.3. Các thí nghiệm vật lý của dầu cách điện



a)



b)

Hình 4. Thí nghiệm đo nhiệt độ chớp cháy cốc kín (°C) với dầu Envirotemp FR3 và dầu khoáng FK theo tiêu chuẩn ASTM D93 [13]

Thí nghiệm nhiệt độ chớp cháy cốc kín [13] là hạng mục kiểm tra để đánh giá mức độ phân hủy của dầu cách điện dưới tác động của nhiệt độ, tạo ra hỗn hợp hơi dễ cháy. Chỉ tiêu này xác định tính an toàn về cháy nổ cho các thiết bị điện chứa dầu trong quá trình vận hành, tiêu chuẩn thí nghiệm ASTM D93.

Hình 4 thể hiện rõ nhiệt độ chớp cháy cốc kín của dầu nguồn gốc thực vật Envirotemp FR3 cao gấp khoảng 1,7 lần so với dầu khoáng FK. Điều này cho thấy mức nhiệt để phân hủy dầu cách điện Envirotemp FR3 tạo ra hỗn hợp hơi dễ cháy cao hơn so với dầu khoáng. Nói cách khác dầu Envirotemp FR3 có khả năng chống cháy cao, an toàn hơn khi xảy ra sự cố. Đây có thể nói là ưu điểm quan trọng của loại dầu này, giúp cho các quá trình quá độ gây ra nhiệt độ cao trong MBA chống lại sự cháy nổ sự cố.

3.2. Thí nghiệm dầu với MBA phân phối Việt Nam

Để đánh giá tổng thể hiệu quả dầu thực vật, các thí nghiệm xuất xưởng cũng như thí nghiệm về hiệu suất năng lượng với MBA được thực hiện tại Công ty Thiết bị điện Đông Anh (EEMC) [24], với MBA sử dụng 180kVA, 35/0,4kV. Hai loại dầu được thử nghiệm cùng trong các thí nghiệm này là dầu khoáng EStran 4 do Công ty Thiết bị điện Đông Anh sử dụng và mẫu FR3. Với mỗi loại dầu, MBA dùng thí nghiệm cần được đưa vào dây truyền sản xuất để đổ đầy các loại dầu cần thí nghiệm, để ổn định dầu trước khi đem ra thí nghiệm.

Đối với các thí nghiệm cơ bản về điện trở, mức cách điện, điện áp các cuộn dây đều cho các kết quả tương đồng, nằm trong yêu cầu chất lượng của công ty.

Các kết quả thí nghiệm không tải và ngắn mạch thể hiện trên bảng 2 cho thấy hiệu quả của loại dầu thực vật Envirotemp FR3 có chất lượng tương đương, thậm chí tốt hơn so với dầu khoáng thường.

Về hiệu suất năng lượng trong MBA được xác định theo công thức [25]:

$$E_{50\%} = \frac{0,5 \cdot S}{0,5 \cdot S + 0,25 \cdot P_k + P_o}$$

Trong đó:

$E_{50\%}$ - hiệu suất tính bằng phần trăm của MBA ở 50% phụ tải và ở hệ số công suất bằng 1;

S - công suất danh định của MBA phân phối tính bằng kVA;

P_k - tổn hao có tải của MBA phân phối, tính bằng kW;

P_o - tổn hao không tải của MBA phân phối, tính bằng kW.

Kết quả tính toán $E_{50\%}$ phải được hiệu chỉnh về nhiệt độ chuẩn là 75°C theo TCVN 6306-1-2015 (IEC 60076-1) [26].

Bảng 2. Kết quả các thí nghiệm xuất xưởng và hiệu suất năng lượng

Danh mục	MBA sử dụng dầu khoáng	MBA sử dụng dầu FR3
I_o (%)	0,32	0,31
P_o (W)	136,5	136,2
U_{k1} (%)	5,12	5,11
P_{k1} (W)	837,5	835,0
Hiệu suất năng lượng $E_{50\%}$ (%)	98,6354	98,6390

Như vậy dầu thực vật Envirotemp FR3 thỏa mãn đầy đủ các tiêu chuẩn cần có của MBA phân phối.

Các thí nghiệm phát nhiệt được thực hiện nhằm đánh giá mức độ tăng nhiệt trong vận hành của loại dầu mới này, bằng cách cung cấp cho MBA nguồn điện để có dòng điện chạy trong các cuộn dây phía cao áp và hạ áp ở giá trị định mức. Việc đo nhiệt độ của MBA, 1 tiếng 1 lần, được thực hiện đến khi nhiệt độ MBA đạt đến trạng thái bão hòa. Mỗi loại dầu được tiến hành đo 03 lần khác nhau, để đảm bảo các kết quả thể hiện có tính chính xác cao.

Từ bảng 3 có thể thấy, mức độ tăng nhiệt của loại dầu Envirotemp FR3 trong nhiều trường hợp còn tốt hơn so với một số loại dầu khoáng thông thường vẫn được sử dụng trong MBA, mức tăng 23,5°C so với 26°C).

Như vậy, các thử nghiệm loại dầu thực vật mới Envirotemp FR3 với MBA phân phối tại Việt Nam đều cho thấy sự thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật cần thiết và đảm bảo chất lượng trong vận hành.

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm phát nhiệt trong MBA với dầu FR3 và dầu khoáng FK

TT	Thời gian	Nhiệt độ môi trường	Nhiệt độ lớp dầu trên	Nhiệt độ vị trí giữa MBA	Nhiệt độ cánh bên cao áp	Nhiệt độ cánh bên hạ áp	Nhiệt độ cuộn dây cao áp pha B	Nhiệt độ cuộn dây hạ áp pha b
Thí nghiệm với dầu Envirotemp FR3								
Ban đầu 1	8h30	26,00	26,30	26,50	26,50	26,50	26,90	26,50
Bảo hoà 1	16h30	26,00	48,50	45,00	48,10	46,80	49,50	49,50
Ban đầu 2	9h15	25,00	25,30	25,50	25,50	25,50	25,90	25,50
Bảo hoà 2	17h15	25,00	47,50	44,00	47,10	45,80	48,50	48,50
Thí nghiệm với dầu khoáng EStran 4								
Ban đầu 1	8h30	20,00	21,50	21,50	21,50	21,50	21,50	21,50
Bảo hoà 1	16h30	20,00	45,00	43,00	45,00	44,50	46,10	46,00
Ban đầu 2	8h00	22,00	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50	23,50
Bảo hoà 2	16h00	22,00	47,00	45,00	47,00	46,50	48,10	48,00

4. MÔ PHÒNG KHẢ NĂNG TRUYỀN NHIỆT CỦA DẦU ENVIROTEMP FR3

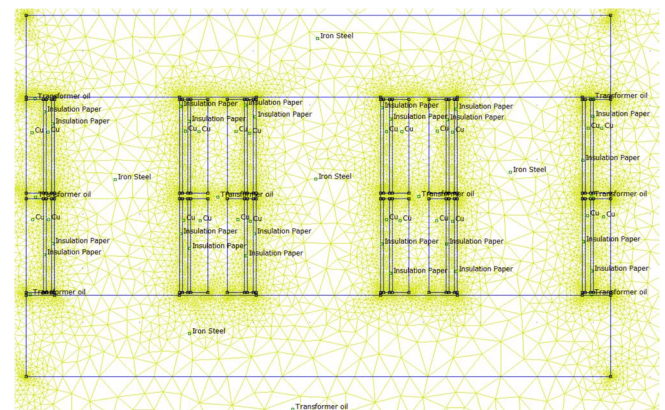
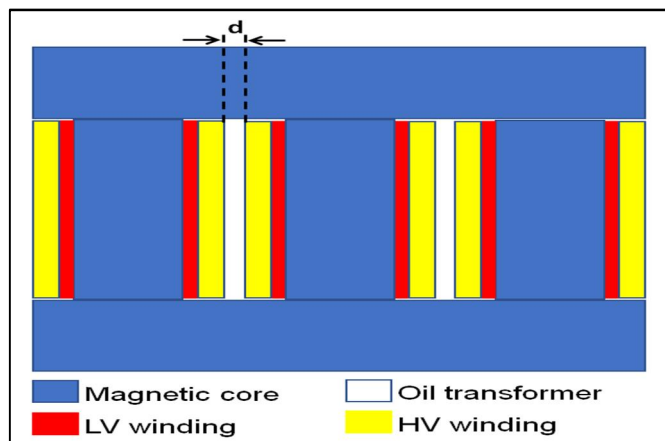
Mô hình phần tử hữu hạn được xây dựng để mô phỏng tính toán phân bố năng lượng, tổn thất năng lượng trong MBA trong hai trường hợp sử dụng dầu khoáng và dầu thực vật nghiên cứu. Đối tượng mô phỏng là MBA 35/0,4kV, công suất 180kVA, đang được sử dụng vận hành thực tế.

Phương pháp nghiên cứu sử dụng là phương pháp phần tử hữu hạn [27], đây là phương pháp số gần đúng để giải các bài toán được mô tả bằng các phương trình vi phân đạo hàm riêng trên miền xác định có hình dạng và điều kiện biên bất kỳ mà nghiệm chính xác không thể tìm được bằng phương pháp giải tích.

4.1. Đối tượng nghiên cứu

Máy biến áp nghiên cứu là máy sử dụng trong thí nghiệm, mục 3.2, loại ba pha ba trụ, được làm mát bằng dầu. Mạch từ của MBA được làm bằng thép kỹ thuật điện, độ từ thẩm $\mu_r = 1000$, có kích thước lần lượt dài - cao - dày lần lượt là 103,625x66,5x22cm.

Tại mỗi pha của MBA, dây quấn được quấn kiểu đồng tâm, cuộn dây hạ áp ở trong và cao áp ở ngoài. Dây quấn được làm bằng đồng, độ dẫn điện $\sigma = 59,6MS/m$. Chiều dày quấn của cuộn hạ áp và cao áp quanh trụ lần lượt là 1cm và 3cm. Giữa 2 cuộn dây có lớp giấy cách điện dày 0,5cm. Khoảng cách ngắn nhất trong lớp dầu MBA phân cách giữa các pha là $d = 34mm$.

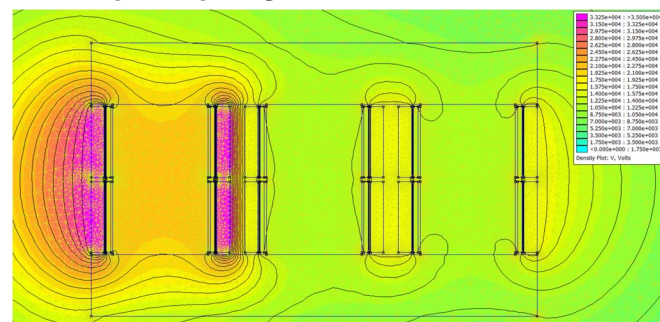


Hình 5. Cấu hình và mô hình phần tử hữu hạn của MBA ba pha 35/0,4kV - 180kVA nghiên cứu

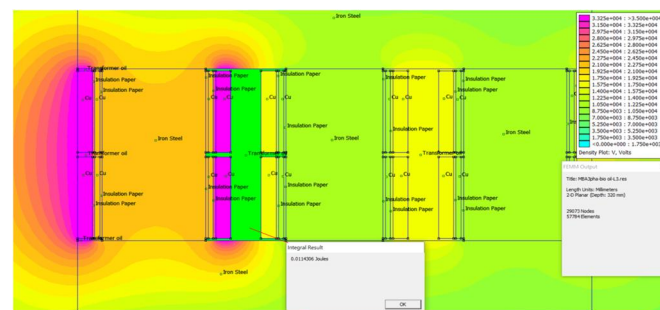
Hình 5 biểu diễn mô hình MBA nghiên cứu sau khi phân rã để giải bài toán theo phương pháp phần tử hữu hạn bằng công cụ số FEMM (Finite Element Method Magnetics). Cấu hình kích thước của mạch từ, vị trí bố dây, độ dày các bố dây được mô phỏng, tính toán theo thiết kế thật của máy.

Nghiên cứu trong bài báo không xét đến sự già hóa cũng như biến đổi theo thời gian của vật liệu. Bài toán điện trường tĩnh (electrostatic) được tính toán với hai trường hợp tương ứng: sử dụng (hằng số điện môi) dầu khoáng ($\epsilon_r = 2,2$) và sử dụng dầu Envirotemp FR3 ($\epsilon_r = 3,5$).

4.2. Kết quả mô phỏng



a) Cấu hình ban đầu $d = 34mm$



b) Cấu hình thay đổi $d = 60mm$

Hình 6. Phân bố điện thế trong MBA và năng lượng tích trữ trong dầu

Hình 6a biểu diễn phân bố điện thế trong MBA khi sử dụng dầu Envirotemp FR3 tại thời điểm xét t_0 khi đặt vào pha A điện áp cực đại V_0 trong khi điện áp pha B và C là: $-0,5V_0$. Để đánh giá tác động khi thay thế dầu cách điện, dựa vào mô hình phần tử hữu hạn vừa thành lập, năng lượng tích trữ trong dầu MBA được xác định trong hai trường hợp: sử dụng dầu khoáng và dầu Envirotemp FR3.

Bảng 4. Năng lượng tích trữ trong dầu với cấu hình $d = 34mm$

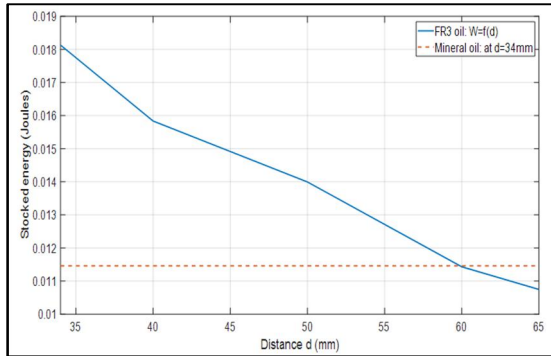
	Dầu khoáng	Dầu FR3
W (Joules)	0,01146	0,01813

Dựa vào kết quả mô phỏng tính toán (bảng 4), ta nhận thấy với cùng điều kiện thí nghiệm: nếu sử dụng dầu Envirotemp FR3 sẽ thu được năng lượng tụ trong dầu lớn hơn (58,20%) so với trường hợp dùng dầu khoáng thông thường. Đây là yếu tố không có lợi, có thể gây phát nóng trong dầu.

Thay đổi độ dày lớp dầu giữa các pha

Các mô hình mô phỏng được xây dựng khi thay đổi độ dày lớp dầu giữa các pha (d) để đánh giá độ thay đổi về

năng lượng tích trữ trong dầu. Kết quả tính toán trong trường hợp sử dụng dầu Envirottemp FR3. Năng lượng tích trữ trong lớp dầu được trình bày trong hình 6b và hình 7.



Nº	d (mm)	Năng lượng tích trữ (Joules)
1	34	0,01813
2	40	0,01584
3	50	0,01399
4	60	0,01143
5	65	0,01075

Hình 7. Phân bố điện thế trong MBA khi sử dụng dầu FR3 Biotemp với lớp dầu giữa các pha thay đổi

Dựa vào kết quả mô phỏng ta nhận thấy, khoảng cách dầu giữa các pha càng tăng thì năng lượng Joules trong dầu càng giảm. Khi sử dụng dầu Envirottemp FR3 với khoảng cách dầu $d = 60\text{mm}$ thì thu được năng lượng trong dầu bằng trường hợp sử dụng dầu khoáng ở cấu hình ban đầu ($d_0 = 34\text{mm}$).

Như vậy, ngoài những ưu điểm về nhiệt độ chớp cháy, điện áp phóng điện,..., đã được trình bày trong phần thí nghiệm, một trong những nhược điểm phải kể đến của dầu thực vật là hằng số điện môi cao, dẫn đến nhiệt độ trong dầu có thể tăng cao trong quá trình vận hành. Do đó, để cải thiện mức độ tản nhiệt của dầu, việc thiết kế và chế tạo cần chú ý đến thay đổi đáng kể kích thước của máy nhằm đạt được hiệu quả tốt hơn trong quá trình vận hành.

5. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày chi tiết các thí nghiệm theo tiêu chuẩn IEC, ASTM với hai mẫu: dầu khoáng FK và dầu thực vật Envirottemp FR3 trong các thử nghiệm thực tế với máy biến áp phân phối Việt Nam. Các kết quả thí nghiệm đã chỉ ra ưu điểm vượt trội của dầu có nguồn gốc thực vật so với dầu khoáng, điển hình như: Điện áp đánh thủng và nhiệt độ chớp cháy của dầu Envirottemp FR3 cao hơn, giúp làm giảm thiểu rủi ro cháy nổ MBA; Khả năng giữ ẩm của dầu Envirottemp FR3 cao hơn giúp giấy cách điện sử dụng trong MBA sẽ có tốc độ lão hóa chậm hơn; Khả năng đáp ứng của dầu với MBA phân phối phù hợp với yêu cầu kỹ thuật. Đồng thời, các tác giả cũng đã thành lập mô hình phần tử hữu hạn tính toán khi sử dụng dầu khoáng và dầu Envirottemp FR3 trong một cấu hình MBA thực tế. Kết quả tính toán mô phỏng chỉ ra rằng khi sử dụng dầu Envirottemp FR3 nên xem xét dẫn độ dày lớp dầu giữa các pha lên khoảng 1,76

lần so với trường hợp sử dụng dầu khoáng. Đây là một lưu ý quan trọng trong việc áp dụng dầu FR3 trong thực tế tại Việt Nam.

Việc nghiên cứu thí nghiệm dầu khoáng và dầu Envirottemp FR3 có ý nghĩa nhất định trong việc đánh giá thực tế việc áp dụng dầu có nguồn gốc thực vật trong MBA phân phối tại Việt Nam. Điều này sẽ giúp ích cho các nghiên cứu tiếp theo như thử nghiệm vận hành MBA thực tế với hai loại dầu trong cùng điều kiện tại Việt Nam.

LỜI CẢM ƠN

Kết quả nghiên cứu thuộc đề tài KHCN Bộ Công Thương năm 2018. Nhóm tác giả bày tỏ lời cảm ơn chân thành đến Ông Nguyễn Hải Quân, trưởng phòng công nghệ, EEMC; Ông Nguyễn Đức Hạnh và trung tâm thí nghiệm Công ty Thủy điện Hoà Bình, với sự giúp đỡ quý báu trong quá trình thí nghiệm, nghiên cứu về loại dầu thực vật FR3 mới có tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. TCVN 6608-2010 : Sản phẩm dầu mỏ - phương pháp xác định điểm chớp cháy cốc kín bằng thiết bị thử có kích thước nhỏ.
- [2]. IEC 60296-4.0 - 2012-02 - Chất lỏng cho ứng dụng kỹ thuật điện - Một số loại dầu khoáng cho MBA và máy cắt.
- [3]. ASTM D 3487-09 - Tiêu chuẩn đặc tính kỹ thuật đối với dầu khoáng sử dụng trong thiết bị điện.
- [4]. IEC 62770 -1.0 - 2013-11 - Chất lỏng cho ứng dụng kỹ thuật điện - Một số loại dầu ester tự nhiên cho MBA và các thiết bị điện tương tự.
- [5]. ASTM D 6871-03-2008 - Tiêu chuẩn đặc tính kỹ thuật đối với dầu ester tự nhiên sử dụng trong thiết bị điện
- [6]. Daniel Martin and Tapan Saha, 2017. *Condition Monitoring of Vegetable Oil Insulation in In-Service Power Transformers: Some Data Spanning 10 Years*. Power and Energy Systems, University of Queensland, St. Lucia, QLD 4072, Australia.
- [7]. P.Samuel Pakianathan, 2013. *Enhancement of Critical Characteristics of Vegetable oil and used Mineral oil of Power Transformer*. Department of EEE National Engineering College Kovilpatti, Tamilnadu, India.
- [8]. IEC 60156:1995 - Insulating liquids - Determination of the breakdown voltage at power frequency - Test method.
- [9]. IEC 60247:2004 - Insulating liquids - Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor (tan d) and d.c. resistivity.
- [10]. IEC 62021-1:2003 - Insulating liquids - Determination of acidity - Part 1: Automatic potentiometric titration.
- [11]. ASTM D974 - Standard Test Method for Acid and Base Number by Color-Indicator Titration.
- [12]. IEC 60814:1997 - Insulating liquids - Oil-impregnated paper and pressboard - Determination of water by automatic coulometric Karl Fischer titration.
- [13]. ASTM D93 "Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester"
- [14]. ASTM D893 - Standard Test Method for Insolubles in Used Lubricating Oils.
- [15]. ASTM D3612 - Standard Test Method for Analysis of Gases Dissolved in Electrical Insulating Oil by Gas Chromatography.

- [16]. IEEE Guide for Acceptance and Maintenance of Insulating Oil in Equipment, IEEE STD. C57.106 - 2006.
- [17]. IEEE Guide for Acceptance and Maintenance of Natural Ester Fluids in Transformers, IEEE STD. C57.147 - 2008.
- [18]. Envirotemp FR3 Fluid (www.nttworldwide.com/docs/fr3brochure.pdf).
- [19]. IEC 60247:2004 - Insulating liquids - Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor (tan d) and d.c. resistivity.
- [20]. T.A. Prevost, 2006. *Dielectric Properties of Natural Esters and Their Influence on Transformer Insulation System Design and Performance - An Update*. IEEE Power Energy Soc. (PES) Transmission and Distribution Conf. Exhibition, pp. 30-34.
- [21]. CIGRE Working Group A2.35, 2010. *New Experience in Service with New Insulating Liquids*. Brochure No: 436; ISBN: 978-2-85873-124-4.
- [22]. H.Borsi et al., 2007. *New liquid insulating materials for power transformers*. Cigre, Brugge.
- [23]. M.Hemmer et al., 2002. *Electrical properties of rape-seed oil*. Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena.
- [24]. Tổng Công ty Thiết bị điện Đông Anh <https://www.eemc.com.vn/en/>
- [25]. TCVN 8525:2015 - Máy biến áp phân phối- mức hiệu suất năng lượng tối thiểu và phương pháp xác định hiệu suất năng lượng.
- [26]. TCVN 6306-1-2015 - Máy biến áp điện lực - qui định chung.
- [27]. Alexandra Ciuriuc, Laurentiu Marius Dumitran, Petru V. Nojingher, 2016. *Lifetime Estimation of Vegetable and Mineral Oil Impregnated Paper for Power Transformers*. Laboratory of Electrical Materials, University "Politehnica" of Bucharest, UPB-ELMAT, Bucharest, Romania..

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Nhat Tung, Nguyen Duc Quang

Faculty of Electrical Engineering, Electric Power University