

NGHIÊN CỨU ĐẶC TÍNH PHÓNG ĐIỆN CỦA DẦU CÁM GẠO

A STUDY ON BREAKDOWN PROPERTIES OF RICE BRAN OIL

Nguyễn Văn Dũng

Đại học Cần Thơ; nvdung@ctu.edu.vn

Tóm tắt - Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu về đặc tính phóng điện của dầu cám gạo ở tần số 50 Hz. Kết quả thí nghiệm cho thấy dầu cám gạo mới có độ bền điện cao gấp 1,6 lần so với dầu máy biến áp khoáng (PLC supertrans) mới. Tuy nhiên khi bị lão hóa, độ bền điện của dầu cám gạo giảm mạnh và đạt giá trị xấp xỉ dầu máy biến áp. Nghiên cứu cũng khảo sát mối quan hệ giữa điện áp phóng điện và khe hở điện cực (d) của dầu cám gạo. Kết quả thí nghiệm cho thấy với khe hở điện cực nhỏ ($d < 3$ mm), điện áp phóng điện của dầu cám gạo mới cao gấp 1,3 - 1,6 lần so với dầu máy biến áp khoáng. Tuy nhiên khi d tăng đến 4 mm, không phát hiện có sự khác biệt lớn về điện áp phóng điện giữa dầu cám gạo và dầu máy biến áp khoáng. Khi bị lão hóa, điện áp phóng điện của dầu cám gạo và dầu máy biến áp khoáng tương đương nhau trên toàn bộ khe hở điện cực được khảo sát.

Từ khóa - dầu cám gạo; phóng điện; độ bền điện; điện áp đánh thủng; lão hóa; khe hở điện cực.

1. Đặt vấn đề

Dầu khoáng được sử dụng làm dầu cách điện trong các máy biến áp điện lực từ rất lâu, bởi dầu khoáng có đặc tính làm mát và cách điện tốt cũng như giá thành thấp. Hiện nay, dầu khoáng vẫn là lựa chọn duy nhất để làm dầu cách điện cho các máy biến áp cao áp. Tuy nhiên, dầu khoáng phân hủy sinh học kém, không thân thiện với môi trường, điểm chớp cháy thấp và có nguồn gốc hóa thạch nên sẽ thiếu hụt trong tương lai. Dầu sinh học có khả năng phân hủy hoàn toàn, nhiệt độ chớp cháy cao và được trích ly từ các nguồn thực vật sẵn có hoặc trồng trọt trong tự nhiên. Do đó, việc nghiên cứu các đặc tính điện của dầu sinh học để thiết kế các chất lỏng cách điện sinh học mới là vấn đề cấp thiết và phù hợp với định hướng phát triển bền vững của thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng.

Trong những năm gần đây, những nghiên cứu về chất lỏng cách điện sinh học để sử dụng trong máy biến áp điện lực là chủ đề thu hút sự quan tâm của nhiều nhà khoa học cũng như các công ty trên thế giới và đã đạt được nhiều thành tựu rất khả quan [1-6]. Kết quả là đã thương mại hóa được hai sản phẩm, đó là BIOTEMP và Envirotemp FR3 [7, 8]. Ngoài ra, CIGRE cũng đã đánh giá là dầu cách điện sinh học đã ứng dụng thành công trong các máy biến áp phân phối [9].

Việt Nam là đất nước nông nghiệp, có nhiều nguồn nguyên liệu để sản xuất dầu sinh học với qui mô công nghiệp. Một trong các nguồn nguyên liệu đó là cám gạo. Cám gạo là phụ phẩm thu được từ quá trình xay xát lúa và thường chiếm khoảng 8% trọng lượng lúa. Năm 2015, thế giới sản xuất khoảng 750 triệu tấn lúa gạo và trong đó Việt Nam thu hoạch gần 45 triệu tấn [10]. Theo lý thuyết lượng dầu có trong cám gạo chiếm khoảng 18%, tương đương với 0,6 triệu tấn dầu nguyên liệu có thể được sản xuất tại Việt Nam trong năm 2015. Mặc dù có nguồn

Abstract - This paper presents the results of electric breakdown properties of rice bran oil at 50 Hz. Experimental results show that breakdown strength of new rice bran oil is 1.6 times higher than that of new mineral transformer oil (PLC supertrans). However, when ageing the breakdown strength of rice bran oil strongly decreases to the value of the mineral transformer oil. This paper also studies the relationship between breakdown voltage and electrode gap (d). Experimental results indicate that with small electrode gaps ($d < 3$ mm), the breakdown voltage of new rice bran oil is about 1.3 - 1.6 times higher than that of new mineral transformer oil. However, when d exceeds 4 mm there is no significant difference in breakdown voltage between the rice bran oil and the mineral transformer oil. When ageing, the breakdown voltage is similar between two kinds of oil when the whole range of electrode gaps is investigated.

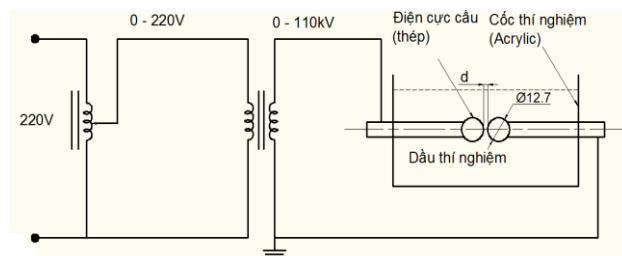
Key words - rice bran oil; electric breakdown; breakdown strength; breakdown voltage; ageing; electrode gap.

nguyên liệu dồi dào để trích ly dầu cám gạo, nghiên cứu về khả năng sử dụng dầu cám gạo làm dầu cách điện sinh học trong các máy biến áp điện lực hầu như chưa được thực hiện tại Việt Nam cũng như có rất ít nghiên cứu trên thế giới.

2. Bố trí thí nghiệm và trình tự thí nghiệm

2.1. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm xác định độ bền điện U_{BDS} và xác định quan hệ giữa điện áp phóng điện U_{PD} và khe hở điện cực d được bố trí như Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ bố trí thí nghiệm

Tất cả các thí nghiệm đều được thực hiện với điện áp AC-50Hz được tạo bởi máy phát cao áp xoay chiều có thể điều chỉnh được điện áp đầu ra trong khoảng 0-100 kV. Thí nghiệm sử dụng hệ thống điện cực loại cầu - cầu bằng thép có đường kính 12,7 mm, được chế tạo theo tiêu chuẩn IEC 60156 [11].

2.2. Mẫu dầu thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện trên hai mẫu dầu là dầu cám gạo tinh chế do công ty Neptune sản xuất và dầu khoáng PLC supertrans do Petrolimex điều chế. Thành phần hóa học và tính chất vật lý của dầu cám gạo được cho ở Bảng 1 và 2. Đặc tính lý hóa của dầu PLC supertrans được cho ở tài liệu [12].

Bảng 1. Thành phần hóa học của dầu cám gạo thô [13]

TT	Thành phần	
1	Độ ẩm (%)	0,2 max
2	Chỉ số I-ốt	92-115
3	Chỉ số Peroxide (meq O ₂ /kg)	10 max
4	Axit béo tự do (theo axit oleic) (%)	20 max
5	Oryzanol (%)	2,0 min
6	Chất không xà phòng hóa (%)	3 - 5
7	Thành phần nhóm sterol (%)	1,0 min
8	Tổng số tocopherols (ppm)	240 min
9	Tổng số tocotrienols (ppm)	500 min
10	B-carotene (ppm)	140 min
11	Chlorophyll (ppm)	50 min
<i>Thành phần axit béo (%)</i>		
12	Palmitic (16:0)	16-19
13	Stearic (18:0)	1,5-2,0
14	Oleic (18:1)	34-42
15	Linoleic (18:2)	30-35
16	Linolenic (18:3)	1-2
17	Arachidic (20:0)	0-0,8
18	Behenic (22:0)	0-0,5

Bảng 2. Tính chất vật lý của dầu cám gạo thô [13]

TT	Chỉ tiêu	Giá trị
1	Âm độ	1,0 max
2	Nhiệt độ chớp cháy	150°C min
3	Trọng lượng riêng	0,916 - 0,921

2.3. Phương pháp và trình tự thí nghiệm

2.3.1. Dầu mới

Dầu cám gạo tinh chất được lấy từ mẫu dầu ăn Neptune. Đối với thí nghiệm xác định độ bền điện, khe hở điện cực được lấy theo tiêu chuẩn là 2,5 mm [11]. Số lần lặp lại thí nghiệm là 6 lần. Điện áp đặt lên hệ thống điện cực được tăng từ 0 đến khi phóng điện xảy ra với tốc độ gia tăng điện áp khoảng 1 kV/s. Thời gian nghỉ giữa hai lần thí nghiệm là 2 phút. Sau mỗi lần phóng điện, dầu được lắc đều để khuếch tán muối than ra khỏi khu vực phóng điện.

Đối với thí nghiệm xác định quan hệ giữa điện áp phóng điện và khe hở điện cực, phương pháp thực hiện tương tự như thí nghiệm xác định độ bền điện. Tuy nhiên, khe hở điện cực d được thay đổi lần lượt là 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm và 5 mm.

Thí nghiệm cũng được tiến hành đối với dầu khoáng PLC supertrans để so sánh kết quả.

2.3.2. Dầu bị lão hóa

Quá trình lão hóa dầu được thực hiện theo phương pháp B của tiêu chuẩn IEC 61125 [14] với nhiệt độ $120 \pm 0,5^\circ\text{C}$ và thời gian lão hóa là 72h có sử dụng dây đồng làm chất xúc tác.

Dầu sau khi lão hóa được thí nghiệm để xác định độ bền điện và xác định quan hệ điện áp phóng điện và khe hở điện cực. Phương pháp thực hiện tương tự như trường hợp dầu mới. Thí nghiệm lão hóa cũng được lặp lại đối với dầu khoáng PLC supertrans để so sánh kết quả.

2.3.3. Xử lý số liệu

Số liệu thí nghiệm được xử lý bằng phần mềm Minitab với phân phối Weibull. Biểu thức của hàm phân phối tích lũy Weibull hai tham số được cho ở công thức 1. Trong biểu thức này, V_0 và β lần lượt là hệ số tỉ lệ và hình dạng, và V là biên độ điện áp.

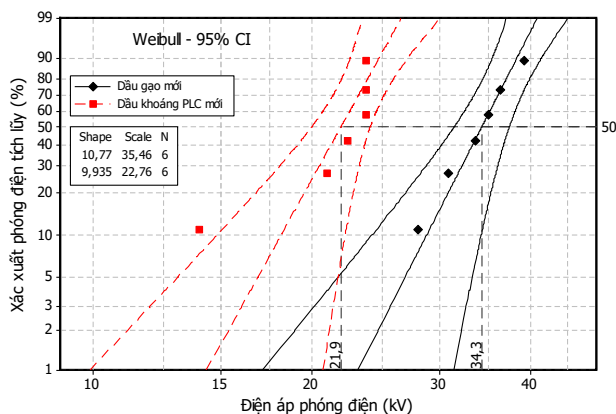
$$F(V) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{V}{V_0} \right)^\beta \right] \quad (1)$$

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Độ bền điện

3.1.1. Dầu mới

Đồ thị Weibull của dầu cám gạo và dầu khoáng PLC supertrans được trình bày ở Hình 2. Độ bền điện U_{BDS} được xác định tương ứng với xác suất phóng điện tích lũy là 50%.

**Hình 2.** Độ bền điện của dầu cám gạo mới và dầu PLC Supertrans mới

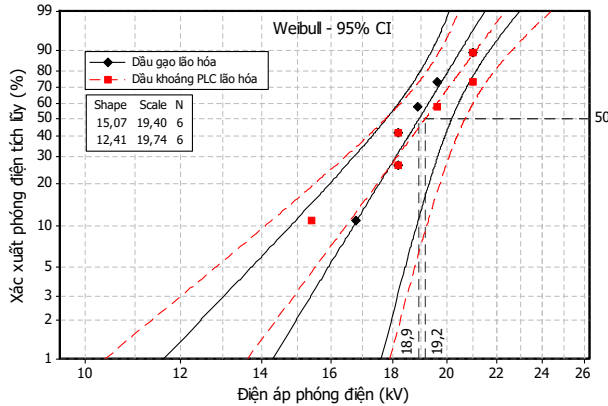
Từ Hình 2, độ bền điện của dầu cám gạo lớn gấp 1,6 lần so với giá trị của dầu khoáng PLC supertrans (34,3 kV so với 21,9 kV). Điều này cho thấy khả năng cách điện cao của dầu cám gạo. Sự phân tán dữ liệu của độ bền điện được thể hiện qua tham số hệ số hình dạng β . Dầu cám gạo có $\beta = 10,4$ trong khi 10,9 là giá trị β của dầu PLC supertrans. Với giá trị β gần bằng nhau, cho thấy sự phân tán dữ liệu trong hai trường hợp là tương tự nhau.

3.1.2. Dầu bị lão hóa

Hình 3 minh họa mẫu dầu cám gạo mới và sau khi bị lão hóa với thời gian là 72 h theo tiêu chuẩn IEC 61125B. Khi bị lão hóa dầu trở nên sậm màu và phát hiện có sự xuất hiện cặn.

**Hình 3.** Mẫu dầu gạo trước và sau khi lão hóa

Đồ thị Weibull của độ bền điện của dầu cám gạo và dầu khoáng PLC supertrans sau khi bị lão hóa được trình bày ở Hình 4. Từ đồ thị ta thấy độ bền điện sau khi lão hóa của dầu cám gạo và dầu khoáng PLC supertrans là tương tự nhau (≈ 19 kV). Tuy nhiên, đồ thị của dầu cám gạo dốc hơn đồ thị của dầu PLC supertrans do hệ số hình dạng trong trường hợp dầu cám gạo lớn hơn ($\beta = 15,2$ cho dầu cám gạo và $\beta = 12,4$ cho dầu PLC supertrans). Điều này cho thấy số liệu độ bền điện của dầu cám gạo ít phân tán hơn so với dầu PLC supertrans khi bị lão hóa.

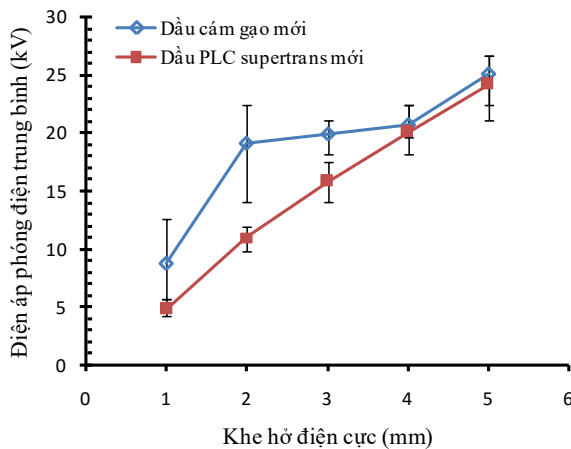


Hình 4. Độ bền điện của dầu cám gạo và dầu PLC Supertrans bị lão hóa

3.2. Quan hệ giữa điện áp phóng điện và khe hở điện cực

3.2.1. Dầu mới

Hình 5 trình bày đồ thị điện áp phóng điện U_{PD} - khe hở điện cực d của dầu cám gạo và dầu khoáng PLC supertrans mới. Đối với khe hở nhỏ ($d \leq 3$ mm), U_{PD} của dầu cám gạo cao khoảng 1,3 - 1,6 lần so với dầu khoáng PLC supertrans. Tuy nhiên, độ phân tán dữ liệu trong trường hợp dầu cám gạo lớn hơn biểu hiện qua độ lớn của thanh sai số. Khi $d > 3$ mm, điện áp phóng điện của hai loại dầu tương đương nhau, biểu hiện thông qua sự chồng lấp lên nhau của các thanh sai số.

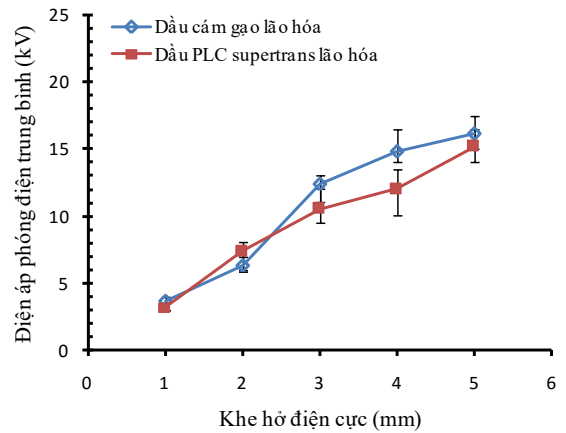


Hình 5. Đồ thị quan hệ điện áp phóng điện - khe hở điện cực của dầu mới

3.2.2. Dầu bị lão hóa

Đồ thị quan hệ giữa U_{PD} và d của dầu lão hóa được thể hiện ở Hình 6. Từ đồ thị ta thấy trên toàn bộ khe hở khảo sát ($d = 1 - 5$ mm), U_{PD} của hai loại dầu không có khác biệt

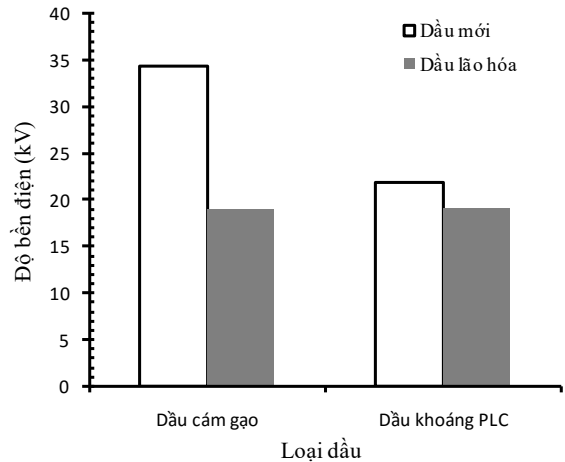
lớn, ngoại trừ tại $d = 4$ mm điện áp phóng điện của dầu cám gạo cao hơn dầu khoáng PLC supertrans khoảng 20% (14,8 kV so với 12 kV). Sự phân tán dữ liệu trong hai trường hợp tương tự nhau trên toàn bộ khe hở điện cực được khảo sát.



Hình 6. Đồ thị quan hệ điện áp phóng điện - khe hở điện cực của dầu lão hóa

4. Bàn luận

Ảnh hưởng của sự lão hóa đến độ bền điện của dầu cám gạo và dầu khoáng PLC supertrans được trình bày ở Hình 7. Đồ thị ở Hình 7 được xây dựng từ Hình 2 và 4, ứng với điện áp phóng điện có xác suất tích lũy là 50%.



Hình 7. Ảnh hưởng của sự lão hóa đến độ bền điện của dầu

Từ Hình 7, rõ ràng sự lão hóa làm giảm mạnh độ bền điện của dầu. Đối với dầu cám gạo, sau khi lão hóa độ bền điện giảm khoảng 45%. Tuy nhiên, độ bền điện của dầu khoáng PLC khi bị lão hóa chỉ giảm xấp xỉ 13%. Quá trình lão hóa dầu ở nhiệt độ cao (120°C) sẽ làm sản sinh ra các thành phần như axit hữu cơ, nước, cặn..., chính các thành phần này sẽ giảm độ bền điện của dầu [6, 15]. Sự tác động mạnh hơn của sự lão hóa đến độ bền điện của dầu cám gạo so với dầu khoáng PLC được giải thích như sau: Nguyên nhân đầu tiên là dầu khoáng PLC đã được thêm vào chất chống oxy hóa để hạn chế bị tác động của nhiệt độ cao. Nguyên nhân thứ hai là dầu cám gạo có chứa tỉ lệ cao các thành phần axit béo không bão hòa có nhiều nối đôi. Các thành phần axit béo không no này dễ bị oxy hóa hoặc dễ bị trùng hợp hóa ở nhiệt độ cao làm dầu sậm màu, sánh lại và sinh ra cặn.

5. Kết luận

Thí nghiệm xác định độ bền điện và điện áp phóng điện của dầu cám gạo trong khe hở nhỏ $d \leq 5$ mm đã hoàn thành. Kết quả cho thấy, nếu chỉ xét về chỉ tiêu độ bền điện và điện áp phóng điện, dầu cám gạo có tiềm năng để thiết kế làm dầu cách điện sinh học thay thế dầu khoáng PLC supertrans trong các máy biến áp cấp trung thế. Tuy nhiên, do độ bền điện của dầu cám gạo rất nhạy cảm với các thành phần sinh ra khi dầu bị lão hóa, nên cần tìm phương pháp để chống oxy hóa dầu ở nhiệt độ cao trong các nghiên cứu kế tiếp. Ngoài ra, các thông số vật lý, hóa học và điện của dầu cám gạo cũng cần được xác định.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T.V. Oommen, "Vegetable oils for liquids – filled transformers", IEEE Electrical Insulation Magazine, vol. 18, 2002, pp. 6-11.
- [2] Y. Bertrand and L.C. Hoang, "Vegetal oils as substitute for mineral oils", Proceedings of the 7th international conference on properties and application of dielectric materials, 2003, pp. 491-494.
- [3] D. Martin, Z.D. Wang, A.W. Darwin and I. James, "A comparative study of the chemical stability of esters for use in large power transformers", Annual report conference on electrical insulation and dielectric phenomena, 2006, pp. 493-496.
- [4] G. J. Pukel, R. Eberhardt, H. M. Muhr, F. Baumann and W. Lick. "Large power transformers for alternative insulating fluids", Proceedings of the 6th international symposium on high voltage engineering, 2009, pp. 1-4.
- [5] C.C. Claiborne, E.J. Walsh and T.V. Oommen, "An agriculturally based biodegradable dielectric fluid", Proceeding of conference on transmission and distribution, 1999, pp. 876-881.
- [6] C. P. McShane, J. Corkran, K. Rapp and J. Luksich, "Natural ester dielectric fluid development", Proceeding of conference on transmission and distribution, 2006, p. 1-5.
- [7] BIOTEMP Biodegradable dielectric insulating fluid ([//search.abb.com/library](http://search.abb.com/library))
- [8] Envirotemp FR3 Fluid (www.envirotempfluids.com)
- [9] Cigre brochure 436. Experiences in service with new insulating liquids. Working group A2. 35, 2010.
- [10] The FAO Rice market monitor, 2015, pp. 1-36.
- [11] IEC 60156: 1995 (Insulating Liquids – Determination of the Breakdown Voltage at Power Frequencies – Test Method).
- [12] PDS PLC Supertrans (fs.petrolimex.com.vn)
- [13] Thông số hóa học vật lý của dầu cám gạo thô (www.wilmagro.com.vn)
- [14] IEC 61125: 1992 -Unused Hydrocarbon based Insulating Liquids - Test Methods for Evaluating the Oxidation Stability.
- [15] A Darwin, C Perrier and P Folliot, "The use of natural ester fluids in transformers", Proceeding of MATPOST 07, 2007.

(BBT nhận bài: 29/04/2016, phản biện xong: 31/05/2016)