

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG QUY TRÌNH ĐO TỔN HAO ĐIỆN MÔI PHỤC VỤ PHÒNG THÍ NGHIỆM TRỌNG ĐIỂM ĐIỆN CAO ÁP

TS. Nguyễn Hữu Kiên; KS. Trần Việt Sơn

Viện Năng lượng – Bộ Công Thương

TÓM TẮT

Bài báo nhằm xây dựng quy trình thử nghiệm đo tổn hao điện môi cho Phòng Thí nghiệm trọng điểm Điện cao áp, dựa trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết cơ bản về kỹ thuật điện cao áp và các đặc tính kỹ thuật của hệ thống thử nghiệm FT-12 do Pressco AG sản xuất.

I. GIỚI THIỆU

Phòng thí nghiệm trọng điểm Điện cao áp (HVLAB) sau một thời gian tiến hành xây dựng đến nay đã hoàn thành và đã được đưa vào hoạt động với các hệ thống thử nghiệm (HTTN) có cấp điện áp, công suất, dải đối tượng thử nghiệm (TN) lần đầu tiên trang bị ở Việt Nam.

Tính đến nay HVLAB được trang bị các HTTN hiện đại xuất xứ từ Mỹ và các nước thuộc khối G7 như: HTTN xung điện áp 3.600kV (Italia); xung dòng điện 100kA (CHLB Đức); HTTN điện áp xoay chiều tăng cao tần số công nghiệp tại phòng thí nghiệm (1200 kV; 50 Hz) và tại hiện trường (450 kV; 45÷300 Hz) (USA), Hệ thống đo lường điện môi FT-12 (Thụy Sĩ). [7].

Hầu hết tất cả các thiết bị điện (TĐ) cao áp trước khi đưa vào vận hành sẽ trải qua một cuộc TN liên quan đến “C và tanδ” để kiểm tra chất lượng về điện [2; 3]. HTTN đo tổn hao điện môi là hệ thống hiện đại và phức tạp. Vì vậy, để vận hành khai thác và bảo dưỡng hệ thống này cần các cán bộ có kiến thức sâu cũng như kinh nghiệm nhất định trong lĩnh vực TN kỹ thuật điện (KTĐ) cao áp cũng như đo lường - điều khiển, ... Kết quả đề tài này là bước khởi đầu nhằm tạo cơ sở biên soạn các quy trình chi tiết hơn đối với hạng mục TN đo tổn hao điện môi phục vụ khai thác HVLAB.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

- Nghiên cứu, tham khảo, thu thập và phân tích các tài liệu về KTĐ cao áp cũng như các tài liệu liên quan đến lý thuyết điện môi, cũng như các phương pháp đo góc tổn hao điện môi (tgδ) tiêu biểu hiện có trên thế giới.

- Nghiên cứu, phân tích các đặc tính kỹ thuật cũng như phương thức vận hành của

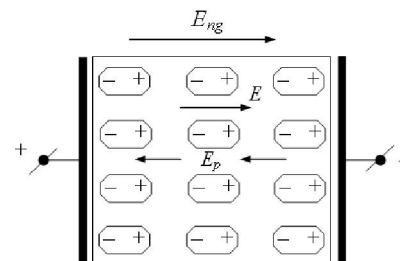
HTTN đo góc tổn hao điện môi FT-12 của hãng Pressco AG được trang bị cho HVLAB.

- Tổng hợp, xây dựng quy trình TN đo góc tổn hao điện môi (tgδ) phù hợp với điều kiện vận hành tại Việt Nam.

III. TỔN HAO ĐIỆN MÔI

a. Đặt vấn đề

Khi đưa một thanh điện môi vào trong điện trường của một vật mang điện, trong điện môi xảy ra quá trình phân cực, phía cực dương xuất hiện điện tích âm, phía cực âm xuất hiện điện tích dương. Điện môi sẽ tạo thành tụ điện. Hai quá trình điện dẫn và phân cực nói trên tác động lên điện môi làm cho nó phát nóng gây tổn hao điện môi.



Hình 1: Sự phân cực điện môi

Phần điện năng tiêu hao để các hạt điện tích thắng lực liên kết khi chuyển động trong điện môi dưới tác dụng của điện trường bên ngoài E_{ng} gọi là tổn hao điện môi.

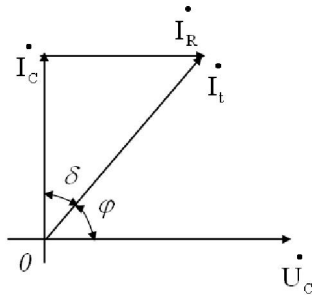
Trong điện trường, tổn hao điện môi có thể phá vỡ sự cân bằng nhiệt hoặc phá vỡ các liên kết hóa học trong điện môi, có thể dẫn đến phá hỏng cách điện dẫn đến điện môi mất hẳn khả năng cách điện.

Tổn hao điện môi có thể đặc trưng bởi suất tổn hao điện môi, đó là công suất tổn hao tính trong một đơn vị thể tích của điện môi.

Ở điện áp xoay chiều, người ta thường dùng góc tổn hao điện môi δ và ứng với nó là

tgδ. Góc tổn hao điện môi là góc phụ của góc lệch pha φ giữa dòng điện i và điện áp u trong điện môi. [1; 2]

Để đơn giản, ta xét tổn hao điện môi của chất điện môi giữa hai bản cực của một tụ điện.



Hình 2: Sơ đồ phức hợp của dòng điện và điện áp trên tụ điện

b. Nguyên nhân gây tổn hao điện môi

- Tổn hao điện môi do phân cực: Tổn hao này do hiện tượng phân cực gây ra, thường thấy ở các chất có cấu tạo lưỡng cực và cấu tạo ion ràng buộc không chặt chẽ. Tổn thất này gây ra do sự chuyển động nhiệt của các ion hoặc các phân tử lưỡng cực dưới tác dụng của điện trường, sự phá hủy trạng thái này làm mất mát năng lượng và làm cho điện môi bị nóng lên. Tổn hao do phân cực tăng theo tần số điện áp đặt vào điện môi. Tổn hao do phân cực phụ thuộc vào nhiệt độ, tổn hao đạt cực đại tại một nhiệt độ nhất định đặc trưng cho mỗi chất điện môi [1].

- Tổn hao do dòng điện rò: Trong bất kỳ điện môi nào luôn tồn tại các điện tử tự do, dưới tác dụng của điện trường các điện tử tự do này sẽ dịch chuyển theo chiều tác dụng của điện trường, tạo nên dòng điện rò. Dòng điện rò này kết hợp với điện trở điện môi gây nên tổn thất nhiệt [1]. Tổn hao do dòng điện rò được xác định theo biểu thức sau đây:

$$tg\delta = \frac{1,8 \cdot 10^{12}}{\epsilon \cdot f \cdot \rho} \quad (1)$$

Trong đó: ε - là hằng số điện môi

f - là tần số điện áp

ρ - là điện trở suất của khối điện môi

Khi nhiệt độ tăng thì tổn hao điện môi càng tăng:

$$P = P_0 \cdot e^{\alpha \cdot t} \quad (2)$$

Trong đó:

P₀ là tổn hao điện môi ở nhiệt độ 20⁰C,

α là hệ số nhiệt

T là độ chênh nhiệt so với 20⁰C

- Tổn hao do ion hóa: Tổn hao này thường gặp trong các chất khí, khi trong môi trường có

xảy ra ion hóa, Tổn hao này được xác định theo biểu thức:

$$P_i = A_i \cdot f(U-U_0)^3 \quad (3)$$

Trong đó:

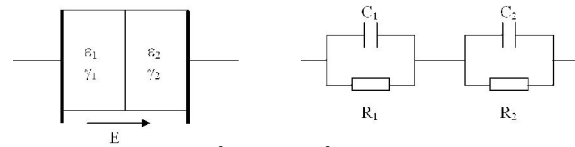
A_i là hằng số đối với từng chất khí

f là tần số đặt vào

U₀ là điện áp bắt đầu gây ion chất khí

Trị số U₀ phụ thuộc vào từng loại chất khí, nhiệt độ và áp suất làm việc của từng chất khí, tuy nhiên còn phụ thuộc vào mức độ đồng nhất của điện trường, Cùng một giá trị điện áp đặt vào nhưng điện trường đều sẽ khó gây ion hóa hơn so với điện trường không đều.

- Tổn hao do cấu tạo không đồng nhất: Tổn hao này xảy ra trong các vật liệu có cấu tạo không đồng nhất, để xác định tổn hao điện môi trong trường hợp này ta phải xem điện môi gồm hai điện môi ghép nối tiếp nhau.



Hình 3: Sơ đồ thay thế của điện môi

Góc tổn hao điện môi:

$$tg\delta = \frac{\omega^2 \cdot n + m}{\omega M + \omega^3 N} \quad (4)$$

Với m = R₁ + R₂

n = C₂² R₂² R₁ + C₁² R₁² R₂

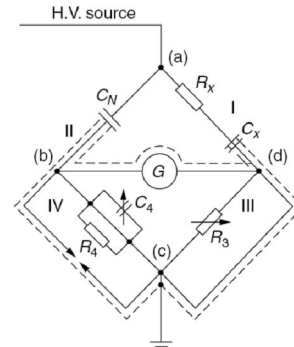
M = C₁ R₁² + C₂ R₂²

N = C₂² R₂² C₁ R₁² + C₁² R₁² C₂ R₂².

IV. MÔ HÌNH ĐO TỔN HAO ĐIỆN MÔI.

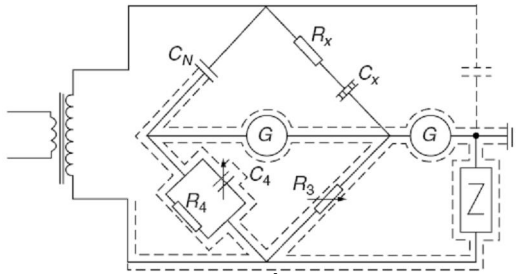
a. Cầu Schering.

Cầu cao áp Schering ban đầu được cấp bằng sáng chế bởi P.Thomas từ năm 1915 và được giới thiệu cho các phép đo điện áp cao bởi H. Schering vào năm 1920. [6].



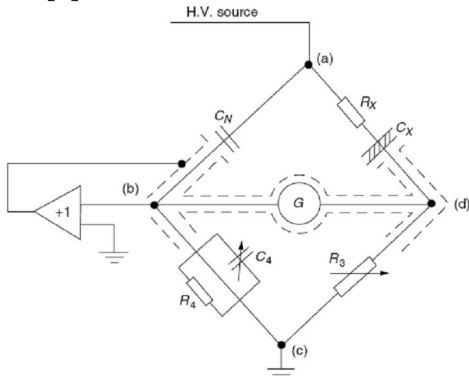
Hình 4: Cầu cao áp Schering

Tuy nhiên phương pháp này rất tốn thời gian và bất tiện, để khắc phục điểm yếu của nó, người ta dùng phương pháp cầu Wagner được giới thiệu bởi K.W Wagner [6],



Hình 5 : Cầu Wagner

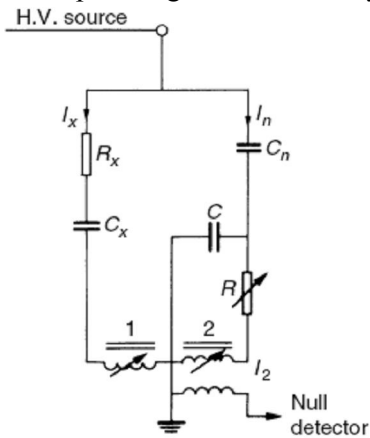
Cầu Wagner sau đó cũng được cải tiến bằng cách thêm bộ khuếch đại hoạt động cho cân bằng tự động, mạch cơ bản được thể hiện trong hình 6. [4].



Hình 6: Cầu Wagner tự động

b. Cầu so sánh dòng điện

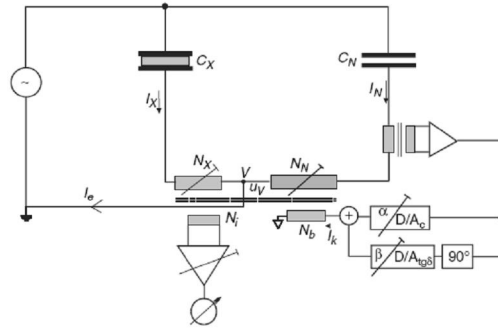
Những thiếu sót của cầu Schering gồm có những thay đổi có thể có của các yếu tố mạch với nhiệt độ và sự lão hóa, việc tìm kiếm các hình thức cải tiến của mạch cầu đã được thực hiện khá sớm, dựa trên “mạch ghép cảm ứng” hoặc “nhánh ampe-tỷ lệ”. Việc kết nối mạch cơ bản cho phép đo điện dung và tổn hao trong tụ điện cao áp được giới thiệu bởi Glynne [5; 6].



Hình 7: Cầu so sánh dòng điện (Glynne)

Khả năng của các mạch điện tử cung cấp nhiều giải pháp khác nhau, giải pháp gần đây nhất có sử dụng lợi thế của điều khiển bằng máy vi tính [4; 7]. Hình 8 cho thấy một mạch

điển hình được sản xuất bởi Osvath và Widmer vào năm 1986. [4; 6]. Đây cũng chính là mô hình nguyên lý được sử dụng để chế tạo cầu đo tổn hao điện môi FT-12 của hãng Pressco AG đã được trang bị cho HVLAB.

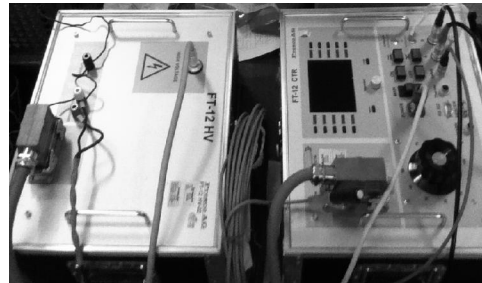


Hình 8: Cầu so sánh dòng điện điện áp cao tự động

V. QUY TRÌNH THỬ NGHIỆM FT - 12.

a. Chuẩn bị mẫu thử và kiểm tra an toàn trước khi tiến hành thử nghiệm

- Vệ sinh mẫu thử hoặc tạo môi trường cho mẫu trước khi đưa vào thử nghiệm.
- Đưa mẫu thử vào khu vực TN, tiến hành nối đầu vào của mẫu thử với đầu ra cao áp của thiết bị, nối đầu ra của mẫu thử với đất.
- Kiểm tra khoảng cách an toàn phóng điện từ thiết bị TN tới các thiết bị hoặc vật thể có khả năng dẫn điện xung quanh khu vực TN. Trong trường hợp các vật hoặc thiết bị khác nằm trong phạm vi khả năng có thể gây ra phóng điện cần nối đất tất cả các thiết bị này để đảm bảo cho an toàn của các thiết bị đó cũng như tính chính xác của kết quả TN.
- Tiến hành đấu nối giữa 2 khối đo lường và điều khiển, đấu nối từ vật thử đến hệ thống theo sơ đồ TN phù hợp kiểu đối tượng, và mục đích TN.



Hình 9: Đấu nối giữa hai khối (HV và CRT)

- Trước khi tiến hành TN phải thực hiện kiểm tra các đấu nối, trạng thái của thiết bị đảm bảo đủ các điều kiện theo quy định của đặc tính kỹ thuật của hệ thống thiết bị.

- Tháo sào tiếp địa ra khỏi thiết bị TN, kiểm tra điện áp đầu vào.



Hình 9b: Đầu nối tới vật thử tại HVLAB.

b. Các bước thao tác ban đầu của quá trình tiến hành thử nghiệm

Sau khi kiểm tra an toàn các bước chuẩn bị mẫu thử cũng như thiết bị TN, người vận hành chính sẽ cho tiến hành TN theo các bước sau:

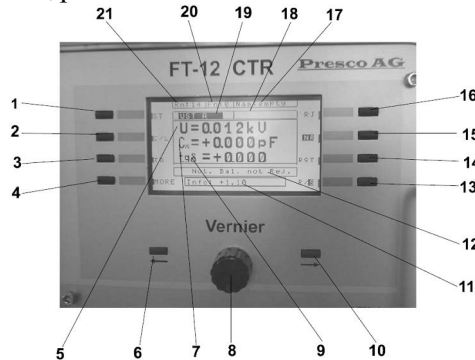
- Bật công tắc nguồn của hệ thống thiết bị lên : số 5 trên hình 10 (hình 10/5);



Hình 10. Mặt trước của khối điều khiển

- Hệ thống thiết bị sẽ tự nạp các giá trị ban đầu.

- Trường kết nối chỉ ra chức năng kiểm tra thực trong mục Test Mode. Bật thước đo thang phụ Vernier để lựa chọn một thang thích hợp.



Hình 11: Màn hình hiển thị điều khiển

- Tăng giá trị điện áp đo trên khối cao áp (HV) cho tới giá trị mong muốn được quan sát thấy và đọc ra “U=”;

- Bấm phím nóng “R/S” = RUN với giá trị đầu;

- Trong trường thông tin từ “Balancing” sẽ hiển thị trong chức năng chuyển đổi. Một giá trị tương ứng với giá trị đầu ra zero bộ thu tín hiệu (hiển thị không có giá trị) được hiển thị. Các giá trị thấp để điều chỉnh cân bằng hơn. Sau khi cân bằng mã “B” (balanced) xuất hiện trên trường hiển thị này. Dòng Cx hiển thị giá trị điện dung và dòng tgđ chỉ ra giá trị của góc tổn hao điện môi;

- Nếu mở rộng chức năng hiển thị tgđ trong một dạng khác, bấm vào phím mềm “TD”. Khi đó tgđ sẽ hiển thị sang (%), chỉ số nguồn hoặc ppm;

c. Khử nhiễu:

Khử nhiễu bằng phương pháp tự động, tiến hành như sau:

- Sau khi thực hiện cài đặt một phương pháp chuẩn bị kiểm tra đúng thực hiện một phép đo kiểm theo như mô tả ở trên và khẳng định chắc chắn cầu đo đã được cân bằng;

- Bấm vào phím mềm “RJ”. Các ký tự “RJ” được hiển thị trong chế độ **inverse mode**, HV được ngắt tự động, quá trình loại bỏ được bắt đầu và trong trường thông tin xuất hiện “Rejecting”. Sau khi quá trình khử nhiễu được hoàn thành trường thông tin chỉ ra “R” và trường thông tin chỉ dẫn: “Switch HV ON” được hiển thị;

- Bộ xử lý cầu đo "bridges" chuyển sang vị trí zero (0) của bộ điều chỉnh biến áp để cho HV có thể bật lên trực tiếp ON: Sau khi một phép cân bằng mới được hệ thống thiết bị thực hiện các giá trị thực đúng với điện dung và giá trị của các yếu tố nguồn được hiển thị;

- Nếu nhiễu quá mạnh, quá trình khử loại bỏ nhiễu có thể được lặp lại.

VI. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu một số vấn đề lý luận về KTD cao áp, đề tài đã đi sâu nghiên cứu, phân tích cơ sở lý thuyết và phương pháp luận về HTTN tổn hao điện môi. Trên cơ sở đó, các vấn đề chính về quy trình TN của hệ thống này như mục đích, mạch đấu nối TN, đo lường tín hiệu, xử lý số liệu,... được xem xét một cách cơ bản và chi tiết phục vụ khai thác HVLAB an toàn, hiệu quả như mục tiêu đề ra ban đầu của đề tài.

Thử nghiệm đo tổn hao điện môi là một hạng mục quan trọng trong kỹ thuật TN điện cao áp nhằm kiểm tra các hệ thống cách điện

đối với các TBĐ cao áp. Chính vì công tác kiểm định và TN trước, trong và sau khi đưa vào vận hành đối với các TBĐ cao áp là rất cần thiết và quan trọng, nên nhà nước đã đầu tư một HTTN tổn hao điện môi để TN cho TBĐ tới cấp điện áp 500kV và giao cho HVLAB quản lý.

Hệ thống FT-12 được sử dụng với mục đích TN và nghiên cứu, để đo giá trị điện dung và mức độ tổn hao điện môi của hệ cách điện và vật liệu cách điện. Ngoài ra hệ thống còn có khả năng tích hợp để vận hành cùng với hệ thống AC-1200kV ở chế độ đo tanδ song song với quá trình thử độ bền cách điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Đình Thắng (2005), “*Vật liệu kỹ thuật điện*”, ĐHBK - Hà Nội.

[2]. Phạm Văn Bình, Lê Văn Doanh (2002), “*Máy biến áp lý thuyết vận hành, bảo dưỡng,*

thử nghiệm”, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[3]. Trịnh Hùng Thám, Nguyễn Hữu Khải, Đào Quang Thạch, Lã Văn Út, Phạm Văn Hoà, Đào Kim Hoa (1998), “*Nhà máy điện & trạm biến áp (phần điện)*”, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.

[4]. E. Kuffel, W.S. Zaengl and J. Kuffel (2000), “*High Voltage Engineering*”.

[5]. W.P. Baker (1965), “*Electrical Insulation Measurements*”. Newnes International Monographs on Electrical Engineering and Electronics.

[6]. A.J. Schwab (1972), “*High Voltage Measurement Techniques*”. M.I.T Press.

[7]. Presco AG, Weiningen, Switzerland (2009), “Automatic Capacitance and Power Factor Field Test Set 12 kV – 2,4 kVA-Type FT-12”.

Địa chỉ liên hệ: Phòng Thí nghiệm trọng điểm Điện cao áp – Viện Năng lượng; số 6 Tôn Thất Tùng – Đống Đa – Hà Nội;

Điện thoại: 091.352.7553

Email: kien_p18@yahoo.com; kiennh@hvlab.gov.vn