

# Nghiên cứu đánh giá các đặc tính của cách điện treo bằng composite vận hành trong hệ thống điện Việt Nam

Tác giả : ThS Vũ Thanh Hải  
Trưởng phòng Kỹ thuật điện cao áp - Viện Năng lượng

**Tóm tắt :** Bài báo tập trung phân tích khả năng phục hồi các tính chất cách điện của cách điện composite khi chịu các tác động phá hủy, trong đó nhấn mạnh tới các tác động phá hủy có khả năng xảy ra tại môi trường vận hành Việt Nam qua một số nghiên cứu cụ thể. Điều tra về sử dụng sứ cách điện composite trong hệ thống điện Việt Nam. Phân tích đánh giá các đặc tính của cách điện composite trong điều kiện vận hành tại Việt Nam, đưa ra các nhận định về ưu nhược điểm của chúng. Nghiên cứu và đề xuất về khả năng chế tạo, chuyển giao công nghệ và ứng dụng cách điện composite tại Việt Nam.

**Từ khóa :** Cách điện treo, cao su silicon, lão hóa, nhiễm bẩn, cách điện composite

## 1. Mở đầu

Hiện nay, việc sử dụng cách điện composite trong hệ thống điện Việt Nam đang trở nên phổ biến, đặc biệt đã triển khai trong hệ thống truyền tải 220kV và phân phối 110, 35, 22kV. Cách điện composite sử dụng chủ yếu làm cách điện treo, cách điện néo đường dây trên không, cách điện đỡ thiết bị. Nội dung bài báo chủ yếu đề cập đến những vấn đề sau :

- Phân tích nghiên cứu khả năng phục hồi các tính chất cách điện của cách điện composite khi chịu các tác động phá hủy, trong đó nhấn mạnh tới các tác động phá hủy có khả năng xảy ra tại môi trường vận hành Việt Nam qua một số nghiên cứu cụ thể.
- Điều tra về sử dụng sứ cách điện composite trong hệ thống điện Việt Nam. Phân tích đánh giá các đặc tính của cách điện composite trong điều kiện vận hành tại Việt Nam, đưa ra các nhận định về ưu nhược điểm của chúng.
- Nghiên cứu và đề xuất về khả năng chế tạo, chuyển giao công nghệ và ứng dụng cách điện composite tại Việt Nam.

## 2. Đánh giá và phân tích khả năng phục hồi các đặc tính cách điện composite khi chịu tác động phá hủy qua các nghiên cứu thực nghiệm

Các phân tích lý thuyết về khả năng phục hồi các tính chất cách điện của cách điện composite khi chịu các tác động phá hủy cho thấy một số loại composite như: FRP – sợi thủy tinh gia cường (Fiber Reinforced Compositer), silicone rubber, EPDM (Ethylene Propylene Dine Monomer)... được sử dụng làm chất cách điện ngoài trời. Nhìn chung, FRP làm cốt lõi cách điện đảm bảo độ bền cơ học, còn cao su silicone, EPDM, và EVA được dùng để phủ lên để làm cách điện cho dây dẫn truyền tải điện. Nội dung phần này sẽ tập trung khảo sát khả năng phục hồi các tính chất cách điện của vật liệu composite qua một số nghiên cứu – thí nghiệm cụ thể khi chịu các tác động phá hủy, đặc biệt là các tác động phá hủy có khả năng xảy ra tại môi trường vận hành Việt Nam.

## 2.1. Một số dạng phá hủy có thể xảy ra đối với các vật liệu cách điện composite

Sau một thời gian đưa vào vận hành, chúng ta có thể thấy được một số loại hư hỏng thường gặp đối với vật liệu cách điện composite như sau:

- Sự gãy giòn đối với lõi bằng sợi thủy tinh
- Hư hỏng lõi do phóng điện
- Phóng điện vào phụ kiện kim loại
- Hư hỏng tại phần tiếp giáp giữa cách điện với phụ kiện đầu cuối
- Phóng điện do nhiễm bẩn
- Hư hỏng về cơ đối với phân lõi

Ngoài ra cách điện composite còn gặp phải những vấn đề như sau:

- Tuổi thọ của vật liệu composite không được dài so với thủy tinh hoặc gốm sứ.
- Kiến thức và kinh nghiệm trong vận hành loại cách điện composite vẫn còn bị giới hạn.
- Các tiêu chuẩn về thiết kế, vật liệu cũng như sản xuất loại cách điện này vẫn chưa rõ ràng, có nhiều công nghệ khác nhau.

## 2.2. Tác động của sương muối lên đặc tính lão hóa của vật liệu cách điện ngoài trời

Các đặc tính lão hóa của 2 loại vật liệu cách điện composite ngoài trời đang được dùng phổ biến nhất là cao su silicon và EPDM ngoài trời dưới tác động sương muối và điện áp được phân tích qua thực nghiệm... Hai buồng tạo sương muối với 2 cách tạo sương muối khác nhau (phun và rung – vibrator) đã được chế tạo cho thí nghiệm này. Mẫu vật được nghiên cứu với nhiều phương thức phân tích khác nhau.

Ta thu được một số kết quả có ý nghĩa sau:

- Về hình thái bề mặt: bề mặt chịu ảnh hưởng rất lớn bởi độ ẩm sương muối và tác động của điện áp. Về sự ăn mòn bề mặt: qua quan sát dưới kính hiển vi điện tử, EPDM bị ăn mòn nhiều hơn cao su silicone.
- Cao su Silicone có điện trở đường dẫn (tracking resistance) tốt hơn nhiều so với EPDM. Trên bề mặt của EPDM, đường dẫn (tracking) đã xuất hiện sau thời gian ngắn khoảng 30 giờ, kéo dài trong khoảng từ điện cực bên trên tới điện cực bên dưới. Trong trường hợp cao su silicone, không có hiện tượng tương tự xảy ra trong 100 giờ.
- Các đỉnh nhôm, cacbon, oxy và silicone ở cao su silicone: Việc xuất hiện các đỉnh này được giả định là kết quả của tổng hợp các hiện tượng: *vết phóng điện bề mặt*, sự phân hủy và phản ứng của các tác nhân, sự di trú của các phân tử trọng lượng thấp trong vật liệu.
- Mặc dù bề mặt của composite đem phân tích bị phá hủy mạnh bởi ăn mòn, nhưng với cả hai mẫu vật EPDM và cao su silicone vẫn không bị mất đi khả năng cách điện của chúng.

### 2.3. Đánh giá cách điện composite trong môi trường chịu ảnh hưởng của gió cát

Ở Việt Nam, kinh nghiệm vận hành với cách điện composite là ít hơn đáng kể so với cách điện sứ và thủy tinh. Do đó, để đánh giá tác động của khí hậu lên cách điện composite, xem xét các hiệu ứng, các khiếm khuyết về điện và cơ khí, và nghiên cứu tính khả thi về vận hành của các cách điện composite tại Việt Nam trong tương lai cần phải có cách tiếp cận hợp lý dựa trên các nghiên cứu, đánh giá về vận hành cách điện composite trong điều kiện gần tương đương với điều kiện vận hành tại Việt Nam..

Mục này đã phân tích về một nghiên cứu thực hiện trên cách điện composite thuộc lưới điện trung áp 22 kV tại khu vực có gió cát gần một số lò gạch ở tỉnh Yazd, Cộng hòa Iran – có đặc tính môi trường có nhiều nét tương đồng với khu vực Cao nguyên và miền Trung Việt Nam. Mẫu vật được treo từ năm 2000, mặc dù phải làm việc dưới điều kiện ô nhiễm nặng nhưng cách điện đã hoạt động trong khoảng thời gian 6 năm mà không chịu bất cứ phóng điện bề mặt hay sự cố nào.

Phương pháp đánh giá được sử dụng bao gồm các thử nghiệm: kiểm tra trực quan, phân loại tính kị nước, quét hiển vi điện tử (SEM), đo điện áp chịu đựng ở tần số công nghiệp của cách điện trong điều kiện khô và ướt, nghiên cứu dòng điện rò, đo mức độ ô nhiễm, đo độ dày lớp phủ kẽm trên các phụ kiện đầu cuối, đo độ khắc nghiệt của thời tiết, và thử nghiệm cơ khí.

Các mẫu vật cách điện bao gồm bốn cách điện cao su silicon HTV và hai mũ và chốt cách điện sứ tiêu chuẩn. Các cách điện được lấy từ mạng lưới phân phối, trong một khu vực chịu ô nhiễm gió cát nặng tại tỉnh Yazd (Iran) sau 6 năm hoạt động. Mặc dù mức độ ô nhiễm nặng do lò gạch, các chất cách điện đã không gặp bất kỳ phóng điện chọc thủng hay sự cố nào trong quá trình hoạt động của mình.

### ĐÁNH GIÁ CHUNG

1. Các kết quả nghiên cứu cho thấy ít nhất trong vòng 6 năm tại môi trường khí hậu khắc nghiệt, cách điện treo composite không bị ảnh hưởng bởi điện áp và môi trường tác động cũng như độ ô nhiễm cao của khu vực vận hành do các cách điện vẫn duy trì được đặc tính của chúng. Không có bằng chứng cho thấy chúng mất tính kị nước, giảm tính chất điện cũng như tính chất cơ hay lão hóa cao su silicone.

2. Bước đầu sử dụng cách điện treo composite tại một số công ty điện lực trên thế giới đã cho thấy khả năng tiết kiệm chi phí xây lắp cũng như bảo dưỡng đường dây tải điện khi so sánh với sử dụng cách điện sứ và thủy tinh.

3. Tuy vậy, cách điện composite cũng còn có một số nhược điểm chủ yếu sau trong vận hành:

- Khó phát hiện bằng mắt thường các điểm khiếm khuyết trên cách điện so với cách điện thủy tinh hoặc sứ.

- Vì cách điện composite là đơn thân với một lõi cho nên sẽ có hiện tượng gãy lõi cách điện gây nên phá hủy nguyên một cái cách điện.
- Các phụ kiện kim loại đầu cuối của cách điện composite dường như có kết cấu phức tạp hơn so với ti sứ và mũ sứ của cách điện sứ hoặc thủy tinh.
- Tuổi thọ tổng thể của cách điện composite hiện tại vẫn đang theo dõi chưa có con số chính xác, ít nhất là trên 20 năm.

### **3. Phân tích đánh giá các đặc tính của cách điện composite trong điều kiện vận hành tại Việt Nam**

#### *3.1. Khảo sát – phân tích cụ thể hiện trạng sử dụng cách điện silicone tại khu vực Nam miền Trung và Tây Nguyên*

Qua khảo sát hiện trạng sử dụng cách điện silicone tại khu vực Nam miền Trung và Tây Nguyên do công ty Truyền tải điện 3 cung cấp cho thấy :

- Tất cả các đường dây ở vùng ven biển và Tây Nguyên đều thuộc mức ô nhiễm trung bình và chọn tiêu chuẩn chiều dài dòng rò là 20 mm/kV.
- Các đường dây đi gần biển nên cách điện và phụ kiện bị nhiễm mặn, ăn mòn; ty sứ bị mục và muối mặn bám dính trên bề mặt sứ gây phóng điện dọc chuỗi cách điện.
- Các đường dây ở khu vực Tây Nguyên, về mùa khô bụi đất đỏ bazan bám vào bề mặt cách điện, ban đêm lại thường xuyên có sương mù xuất hiện nên gây phóng điện dọc chuỗi sứ. Đặc biệt khi có sương mù đậm đặc hiện tượng phóng điện dọc chuỗi sứ liên tục vỡ nếu sứ bẩn nhiều sẽ xảy ra sự cố thoáng qua do phóng điện qua sứ.
- Các cung đoạn đường dây đi gần các nhà máy công nghiệp như nhà máy đường, nhà máy cồn công nghiệp, gạch ngói và các đoạn đường dây đi qua vùng đất đỏ bazan ở Tây Nguyên, cách điện tại các đoạn này bị phóng điện do bụi bẩn, sương mù và phát ra tiếng kêu to. Khi cách điện bị phóng điện làm rỗ bề mặt và hoặc cháy xém bề mặt và nặng hơn là gây sự cố thoáng qua.

Do vậy CT truyền tải điện 3 NPT đã thay cách điện ở các cung đoạn này bằng loại có chiều dài dòng rò là 20mm/kV trở lên hoặc thay bằng cách điện composite.

Các ưu điểm của cách điện composite được thể hiện rất rõ trong khu vực này do:

- Cách điện composite là một chất dẻo hữu cơ tổng hợp được thiết kế chống lão hóa và ăn mòn vỏ bọc của chuỗi cách điện do hiện tượng vàng quang giọt nước gây ra. Thiết kế này giúp tăng cao độ tin cậy của chuỗi cách điện và đặc biệt thích hợp cho lắp đặt nơi môi trường ô nhiễm cao như vùng bờ biển, khu công nghiệp, vùng sương muối, vùng sa mạc, vùng bụi đất bazan.
- Công nghệ làm kín ty lõi với các lớp xếp chồng tại khớp nối để loại bỏ sự cố đứt gãy ty lõi do acid xâm nhập vào bên trong lõi.

Loại cách điện này đang được lắp đặt nhiều ở lưới điện trung hạ thế. Ở lưới điện truyền tải từ khi lắp đặt thử nghiệm đến nay nhận thấy rằng loại cách điện này có nhiều ưu điểm so với loại cách điện gốm, thủy tinh như:

- Nhẹ, dễ lắp ráp, có thể chống bắn phá và chiều dài dòng rò của cách điện có thể tăng lên mà không làm ảnh hưởng đến các yếu tố cơ khí của cột. Đặc biệt giá thành không cao hơn sứ gốm hoặc sứ thủy tinh.
- Khi vận hành trên lưới tiếng ồn giảm hẳn so với cách điện gốm, thủy tinh, không có hiện tượng phóng điện hồ quang trên bề mặt chuỗi cách điện.
- Trong quá trình vận hành không cần phải cắt điện để vệ sinh bảo dưỡng cách điện.
- Chuỗi cách điện nhỏ, gọn làm giảm cơ cấu chịu lực cơ khí của đường dây, và rất thuận lợi khi tiến hành thay thế lắp đặt do tốn ít nhân lực, thi công đơn giản gọn nhẹ.

Thực tế cho thấy rằng trong 5 năm đưa vào vận hành (từ năm 2005 cho đến nay) các chuỗi cách điện composite chưa bị hư hỏng hay phát hiện nguyên nhân có thể gây hư hỏng. Mặc dù vẫn có những sự cố xảy ra liên quan đến cách điện của đường dây có sử dụng cách điện composite, tuy nhiên ta có thể thấy suất sự cố với các đường dây này đã giảm đi rất nhiều so với các tuyến đường dây chỉ sử dụng cách điện truyền thống trước đây. Vì vậy, việc đưa vào sử dụng rộng rãi cách điện composite trong lưới điện Việt Nam đặc biệt với những khu vực bị ô nhiễm nặng vẫn mang nhiều ý nghĩa tích cực và cần thiết phải triển khai sớm.

#### **4. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ chế tạo vật liệu cách điện composite tại Việt Nam**

Sơ bộ, ta có thể định nghĩa kỹ thuật gia công compositơ hay composite như sau: *Kỹ thuật gia công compositơ là một ngành kỹ thuật, nghiên cứu các quá trình và thiết bị dùng để tăng tính chất của vật liệu compositơ và để gia công chúng thành những sản phẩm sử dụng theo yêu cầu.*

Dựa trên cơ sở nguyên lý tạo ra sản phẩm, ta có thể phân biệt các loại công nghệ sau:

- Công nghệ đúc tiếp xúc (Hand lay-up, Spray up),
- Công nghệ đúc chuyển resin RTM (Resin Transfer Moulding)
- Công nghệ đúc nén (Compression Moulding).
- Công nghệ cuốn sợi (Filament Winding).
- Công nghệ đúc kéo (Pultrusion).
- Công nghệ tạo lớp liên tục (Continuous Laminating).
- Công nghệ đúc bằng vữa thủy tinh (Plasterglass).
- Công nghệ đúc ép phun phản ứng RRIM (Reinforced Reaction Injection Moulding).

**Nhận định chung về lựa chọn công nghệ cho chế tạo cách điện composite tại Việt Nam:**

Trong các phương pháp kể trên, đối với môi trường Việt Nam cho đến cấp điện áp 500 kV theo quan điểm của nhóm nghiên cứu nên sử dụng *công nghệ đúc cao áp – injection moulding* cho khâu chính trong sản xuất cách điện treo composite: đó là đúc tán cách điện vào lõi sợi thủy tinh gia cường của cách điện.

Với công nghệ đúc cao áp, cách điện sẽ đảm bảo được chất lượng đồng đều trên toàn bộ cái cách điện, đảm bảo an toàn vận hành cho các phần tử của cách điện như tại lớp chèn (scalling) giữa phụ kiện và lõi. Đây cũng là phương pháp hiện được sử dụng rộng rãi tại các cơ sở sản xuất cách điện composite trên thế giới

## 5. Kết luận

1. Các nội dung thuộc “*Nghiên cứu đánh giá các đặc tính của cách điện treo bằng composite vận hành trong hệ thống điện Việt Nam*” đã phân tích đánh giá về khả năng phục hồi tính chất cách điện của cách điện composite khi chịu tác động phá hủy, đưa ra một số hư hỏng có thể xảy ra đối với cách điện composite vận hành trong điều kiện Việt Nam.

2. Nhóm nghiên cứu đã đưa ra một số khuyến nghị trong vận hành cũng bảo dưỡng sửa chữa đối với cách điện treo bằng composite, cũng như đưa ra các phân tích của mình đối với các trường hợp bị sự cố cách điện, nhằm hạn chế tới mức tối đa trường hợp gặp phải sự cố do nguyên nhân chủ quan trong tương lai, để đảm bảo việc cung cấp điện lưới quốc gia một cách ổn định, tin cậy đối với các tuyến đường dây đi qua các khu vực ô nhiễm nặng. Từ đó vẫn khẳng định quan điểm, cách điện composite đã hạn chế các sự cố không mong muốn do nhiễm bẩn đến mức tối đa.

3. Nhóm nghiên cứu cũng đã đưa ra khuyến nghị sử dụng công nghệ đúc cao áp (Injection moulding) cho chuỗi cách điện và công nghệ dập nguội (forged steel) cho phụ kiện đầu cuối đối với môi trường vận hành Việt Nam để đảm bảo độ bền vững và tin cậy.

4. Để có thể có những hiểu biết rõ hơn về cách điện composite, nhóm nghiên cứu đưa ra khuyến nghị cần có những theo dõi, quan sát liên tục tình hình vận hành, sự cố đối với lưới điện có sử dụng cách điện composite, và đưa ra báo cáo tổng hợp đánh giá từng năm một.

5. Các kiến nghị về hướng nghiên cứu tiếp theo:

- Triển khai một đề tài nghiên cứu KHCN cấp Nhà nước về “Nghiên cứu chế tạo cách điện composite trong điều kiện Việt Nam”
- Thiết lập mô hình nghiên cứu thực nghiệm trong phòng thí nghiệm với vật liệu cách điện treo composite hoặc ngoài trời tại các nơi chịu ảnh hưởng nặng đối với các ứng suất về môi trường như nhiệt độ, nhiễm bẩn, ăn mòn, sương muối..., phù hợp với khí hậu nhiệt đới nóng ẩm Việt Nam.
- Nghiên cứu với nhiễm bẩn cách điện composite tại một số vùng ven biển, khu vực nhà máy xi măng, hoá chất v.v...

## **Tài liệu tham khảo chính**

- [1] Nam Ho Choi, Jae Hoon Kim, Knag Sik Park, Kyung Wan Koo, Sang Ok Han, Degradation characteristics of the outdoor insulating material by salt fog, Proceedings of 1998 International Symposium on Electrical Insulating Materials, in conjunction with 1998 Asian International Conference on Dielectrics and Electrical Insulation and the 30th Symposium on Electrical Insulating Materials, Tbyohashi, Japan, Sept. 27-30, 1998.
- [2] Gorur, R. S., E.A. Chemey, R.Hackam, T.Orbeck, "The Electrical Performance of Compositeric Insulation Materials Under Accelerated Aging in a Fog Chamber," IEEE Trans. PWRD, Vol. 3, pp. 1175-1 164, July 1988.
- [3] Georage G. Karady, "Flashover Mechanism of Silicone Rubber Insulators Used for Outdoor Insulation - I", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 10. No 4, 165 -171, 1995.
- [4] Georage G. Karady, "Flashover Mechanism of Silicone Rubber Insulators Used for Outdoor Insulation - II", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 10. No 4, 165 -171, 1995.
- [5] R. S. Gorur, "Status Assessment of Composite Insulators For Outdoor HV Applications", Proceedings of the 5\* International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials May 25-30,1997, Seoul, Korea.
- [6] Giovanni Giobbe, "20 Years Experience in Sillicone Composite Insulators", Isoelectric, Italy, 2001.
- [7] Vũ Thanh Hải, "Nghiên cứu đánh giá các đặc tính của cách điện treo bằng composite vận hành trong hệ thống điện Việt Nam - Giai đoạn I", Viện Năng Lượng, 12/2009.