

**TÊN ĐỀ TÀI: NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG HỆ THỐNG THỬ NGHIỆM ĐIỆN ÁP XUNG VÀ ĐIỆN ÁP XOAY CHIỀU TĂNG CAO TRONG ĐÁNH GIÁ TÌNH TRẠNG CÁCH ĐIỆN CỦA CHUỖI CÁCH ĐIỆN TREO TRÊN LƯỚI TRUYỀN TẢI HỆ THỐNG ĐIỆN VIỆT NAM**

**Nghiên cứu ứng dụng hệ thống thử nghiệm điện áp xung và điện áp xoay chiều tăng cao trong đánh giá tình trạng cách điện của chuỗi cách điện treo trên lưới truyền tải hệ thống điện Việt Nam**

STUDY ON THE APPLICATION OF IMPULSE VOLTAGE AND AC VOLTAGE TESTING SYSTEMS TO EVALUATE THE INSULATION CHARACTERISTICS OF INSULATOR STRINGS ON THE POWER TRANSMISSION LINE OF VIETNAM.

Người thực hiện: ThS. Lê Công Doanh và nhóm nghiên cứu viên HVLAB.

Key words: Cách điện treo/Insulator Strings; Điện áp xung/Impulse Voltage; Điện áp xoay chiều/AC Voltage.

## **I. Mở đầu**

Phòng Thí nghiệm trọng điểm điện cao áp, được nhà nước đầu tư theo chương trình xây dựng hệ thống các phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia với các thiết bị thử nghiệm tiên tiến như hệ thống xung điện áp, xung dòng, thử điện áp xoay chiều tăng cao AC tại chỗ và hiện trường; thiết bị đo các thông số điện môi, phóng điện cục bộ, buồng môi trường đến nay đã đưa vào vận hành phục vụ công tác nghiên cứu khoa học công nghệ cũng như cung cấp các dịch vụ thử nghiệm đánh giá chất lượng thiết bị ngành điện.

Cách điện treo trong hệ thống lưới điện truyền tải đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo công tác truyền tải điện năng một cách tin cậy và hiệu quả. Hiện tại, cách điện treo bằng vật liệu composite (silicone) và cách điện thủy tinh đang được sử dụng rộng rãi trên lưới điện truyền tải Việt Nam và trên thế giới, trong đó loại cách điện composite được đánh giá là có một số ưu điểm so với cách điện thủy tinh như trọng lượng nhẹ, độ bền cơ trên tỷ lệ trọng lượng cao hơn, có khả năng cách điện tốt hơn trong các môi trường ô nhiễm nặng và trong điều kiện ẩm ướt.

Mục tiêu của nhiệm vụ nghiên cứu này là nhằm mục đích đánh giá các đặc tính cách điện của cách điện treo vận hành trong môi trường khí hậu nhiệt đới Việt Nam và làm cơ sở để đề xuất triển khai sử dụng các dạng cách điện treo cho phù hợp với điều

kiện địa hình, khí hậu tự nhiên và điều kiện vận hành của lưới điện truyền tải Việt Nam.

Ngoài ra, các thiết bị điện nhập khẩu trong đó có cách điện treo thường chỉ được kiểm tra xuất xưởng, do vậy cũng cần các thí nghiệm điển hình trước khi lắp đặt. Trên cơ sở đó đưa ra khuyến cáo phù hợp với ngành điện về sử dụng các loại cách điện khác nhau trong vận hành hệ thống điện và quản lý đầu tư xây dựng đường dây và trạm thuộc hệ thống điện Việt Nam.

## **II. Khảo sát thu thập mẫu và phương pháp thử nghiệm cách điện treo sử dụng các hệ thống thử nghiệm điện áp xung và điện áp xoay chiều**

### *a) Về khảo sát và thu thập mẫu thử nghiệm*

Địa điểm khảo sát: nơi khảo sát hiện trạng vận hành các chuỗi cách điện treo trên đường dây tải điện là một số tuyến đường dây truyền tải điện thuộc công ty truyền tải điện I với cách điện treo composite và cách điện treo thủy tinh. Tại đây, một số chuỗi cách điện composite và thủy tinh đang vận hành sẽ được tháo xuống để thực hiện công tác thí nghiệm (lấy số liệu làm kết quả thử nghiệm). Ngoài ra, tuyến đường dây 220kV Cầu Bông - Hóc môn Truyền tải điện IV sẽ được khảo sát về cách điện treo với mục tiêu đánh giá chung về hiện trạng sử dụng. Một số mẫu cách điện treo composite nhập khẩu cũng được lấy từ kho vật liệu để tiến hành các thử nghiệm đánh giá đặc tính cách điện.

Như vậy, các đối tượng để tiến hành thử nghiệm trên các hệ thống thiết bị thử nghiệm điện áp xung và xoay chiều sẽ là: các thanh cách điện composite 220 kV và 500kV; các chuỗi và bát thủy tinh cách điện 220kV và 500kV. Các chuỗi cách điện thủy tinh cũng như composite này có 3 trạng thái trước khi thử nghiệm: mới xuất xưởng lấy từ kho bảo quản, đã làm việc trên đường dây và tháo xuống để thử nghiệm, các cách điện được đánh giá là bị lỗi, không đảm bảo điều kiện lắp trên lưới điện. Cụ thể như sau:

+ Chuỗi cách điện trên lưới truyền tải điện I: bao gồm chuỗi đã làm việc có bề mặt bụi bẩn màu khói đen, không đều, lớp bụi bẩn có độ dày khoảng 0,1 mm – 0,2mm.

+ Chuỗi cách điện tuyến đường dây 220 kV Cầu Bông - Hóc Môn: Cách điện mới được lưu trữ trong kho một thời gian dài (1-2 năm) qua công tác mua sắm đấu thầu, có biểu hiện nấm mốc.

+ Chuỗi cách điện mới nhập khẩu: thời gian lưu kho ngắn (nhỏ hơn 2 tháng) chưa bị nấm mốc.

*b) Về phương pháp tiến hành phân tích thử nghiệm*

Với quy cách lấy mẫu như đã mô tả ở trên, tổng số mẫu (chuỗi cách điện) thu thập được là 24 mẫu, trong đó:

+ 04 mẫu chuỗi cách điện silicone 500KV thuộc tuyến đường dây do Công ty truyền tải điện 1 quản lý trong đó có 03 mẫu đã làm việc trên lưới, và 01 mẫu mới.

+ 06 mẫu đã làm việc trên lưới: gồm 04 mẫu chuỗi silicone 220 kV; 01 chuỗi thủy tinh 500 kV và 01 chuỗi thủy tinh 220 KV.

+ 14 mẫu chuỗi cách điện gồm mới và đã lưu kho trong thời gian dài.

Các mẫu nói trên được thử nghiệm với xung điện áp dạng xung sét toàn phần trên hệ thống thử nghiệm điện áp xung và với điện áp xoay chiều tăng cao trên hệ thống thử nghiệm điện áp xoay chiều (AC) theo các tiêu chuẩn IEC 61109, IEC 60060-1; IEC 383-1,2.

Quy trình thử nghiệm được tuân thủ theo quy trình thử nghiệm của Phòng thí nghiệm, thử ướt, thử khô, thử phá hủy không theo tiêu chuẩn để so sánh cách điện mới và cũ đã vận hành nhằm đánh giá ảnh hưởng của môi trường nhiễm bẩn cách điện.



**Hình 1:** Chuẩn bị và thử nghiệm với các mẫu chuỗi cách điện silicone



a)



b)

**Hình 2:** a) Thử nghiệm xung sét chuỗi cách điện, cao tần số công nghiệp      b) Thử nghiệm xoay chiều tăng

### III. Kết quả thử nghiệm và phân tích đánh giá

#### a) Kết quả thử nghiệm

#### Bảng 1: Chuỗi cách điện Silicone 500kV

Vị trí lắp đặt: vị trí 285, 292 lưới 500kV thuộc Công ty truyền tải điện 1 – NPT PTC1

Stt	Đối tượng TN	Hạng mục thử nghiệm	Tình trạng mẫu	Điều kiện thử	Điện áp thử (kV)	Kết quả TN
1	Mẫu 01 (vị trí 285)	Thử nghiệm xung sét 1,2/50 $\mu$ s	Nguyên trạng	Thử khô	+2315	ĐẠT
2			Sau khi lau rửa, vệ sinh	Thử khô		ĐẠT
3		Thử nghiệm điện áp xoay chiều tăng cao (thử AC)	Nguyên trạng	<i>Thử ướt</i>	<b>843</b>	<b>KHÔNG ĐẠT</b>
4			Sau khi lau rửa, vệ sinh	<i>Thử ướt</i>	<b>887</b>	<b>KHÔNG ĐẠT</b>
5	Mẫu 02 (vị trí 292)	Thử nghiệm xung sét 1,2/50 $\mu$ s	Nguyên trạng	Thử khô	+2315	ĐẠT
6			Sau khi lau rửa, vệ sinh	Thử khô		ĐẠT
7		Thử nghiệm điện áp xoay chiều tăng cao (thử AC)	Nguyên trạng	<i>Thử ướt</i>	<b>831</b>	<b>KHÔNG ĐẠT</b>
8			Sau khi lau rửa, vệ sinh	<i>Thử ướt</i>	<b>892</b>	<b>KHÔNG ĐẠT</b>
9	Mẫu 03 (bị rách)	Thử nghiệm xung sét 1,2/50 $\mu$ s	Nguyên trạng	Thử khô	+2315	ĐẠT
10			Sau khi lau rửa, vệ sinh	Thử khô		ĐẠT
11		Thử nghiệm điện áp xoay chiều tăng cao (thử AC)	Nguyên trạng	<i>Thử ướt</i>	<b>840</b>	<b>KHÔNG ĐẠT</b>
12			Sau khi lau rửa, vệ sinh	<i>Thử ướt</i>	<b>879</b>	<b>KHÔNG ĐẠT</b>
13	Mẫu 04 (mẫu mới)	Thử nghiệm xung sét 1,2/50 $\mu$ s	Nguyên trạng	Thử khô	+2315	ĐẠT
14			Sau khi lau rửa, vệ sinh	Thử khô		ĐẠT
15		Thử nghiệm điện áp xoay chiều tăng cao (thử AC)	Nguyên trạng	<i>Thử ướt</i>	940	ĐẠT
16			Sau khi lau rửa, vệ sinh	<i>Thử ướt</i>	940	ĐẠT

*Bảng 2: Chuỗi cách điện composite 220kV; chuỗi cách điện thủy tinh 220-500kV*

Bảng 2A: Vị trí lắp đặt: thuộc Công ty truyền tải điện 1 – NPT PTC1

Stt	Tên mẫu	Mã hóa mẫu
1	Chuỗi cách điện Rubber 220kV (7 chuỗi đỡ pha A – phía trên – vị trí 58 ĐZ-220kV Hủa Na – Bim Sơn – 271,273 A9.25 – 272 E9.20)	Mẫu 01
2	Chuỗi cách điện Composite 220kV (Pha B vị trí 124 ĐZ 220kV Thanh	Mẫu 02

	<i>Hóa – Vinh, mạch 2 – pha không bị sự cố</i>	
3	Chuỗi cách điện Silicone 220kV ( <i>Sự cố Pha A, vị trí 124 ĐZ 220kV Thanh Hóa – Vinh, mạch 2</i> )	Mẫu 03
4	Chuỗi cách điện Silicone 220kV ( <i>Sự cố Pha C, vị trí 124 ĐZ 220kV Thanh Hóa – Vinh, mạch 2</i> )	Mẫu 04
5	Chuỗi cách điện thủy tinh 220kV	Mẫu 05
6	Chuỗi cách điện thủy tinh 500kV	Mẫu 06

Bảng 2B: Kết quả thử nghiệm

Stt	Đối tượng TN	Hạng mục thử nghiệm	Tình trạng mẫu	Điều kiện thử	Điện áp thử (kV)	Kết quả TN
1	Mẫu 01	Xung điện áp (xung sét 1,2/50 $\mu$ s)	Nguyên trạng (bụi bẩn, không vệ sinh)	Thử khô	U <sub>TN</sub> =1050	ĐẠT
2				Thử ướt		ĐẠT
3			Sau khi lau rửa, vệ sinh	Thử khô		ĐẠT
4				Thử ướt		ĐẠT
5		TN điện áp xoay chiều tăng cao (thử AC)	Nguyên trạng (bụi bẩn, không vệ sinh)	Thử khô	U <sub>TN</sub> =460	ĐẠT
6				Thử ướt		ĐẠT
7			Sau khi lau rửa, vệ sinh	Thử khô		ĐẠT
8				Thử ướt		ĐẠT
9	Mẫu 02	Xung điện áp (xung sét 1,2/50 $\mu$ s)	Nguyên trạng (bụi bẩn, không vệ sinh)	Thử khô	U <sub>TN</sub> =1050	ĐẠT
10				Thử ướt		ĐẠT
11			Sau khi lau rửa, vệ sinh	Thử khô		ĐẠT
12				Thử ướt		ĐẠT
13		TN điện áp xoay chiều tăng cao (thử AC)	Nguyên trạng (bụi bẩn, không vệ sinh)	Thử khô	U <sub>TN</sub> =465	ĐẠT
14				Thử ướt		ĐẠT
15			Sau khi lau rửa, vệ sinh	Thử khô		ĐẠT
16				Thử ướt		ĐẠT
17	Mẫu 03	Xung điện áp (xung sét 1,2/50 $\mu$ s)	Nguyên trạng (bụi bẩn, không vệ sinh)	Thử khô	U <sub>TN</sub> =1050	ĐẠT
18				Thử ướt		ĐẠT
19			<b>Nguyên trạng (bụi bẩn, không vệ sinh)</b>	<b>Thử khô</b>	<b>U<sub>TN</sub>=1575<sup>(1)</sup></b>	<b>KHÔNG ĐẠT</b>
20			Nguyên trạng (bụi bẩn, không vệ sinh)	Thử khô	U <sub>TN</sub> =1050	ĐẠT
21			Sau khi lau rửa, vệ sinh	Thử khô		ĐẠT
22				Thử ướt		ĐẠT

23		TN điện áp xoay chiều tăng cao (thử AC)	Nguyên trạng (bụi bản, không vệ sinh)	Thử khô	$U_{TN}=465$	ĐẠT	
24				Thử ướt		ĐẠT	
25			Sau khi lau rửa, vệ sinh	Thử khô		ĐẠT	
26				Thử ướt		ĐẠT	
27	Mẫu 04	Xung điện áp (xung sét 1,2/50 $\mu$ s)	Nguyên trạng (bụi bản, không vệ sinh)	Thử khô	$U_{TN}=1050$	ĐẠT	
28				Thử ướt		ĐẠT	
29			<b>Nguyên trạng (bụi bản, không vệ sinh)</b>	<b>Thử khô</b>	$U_{TN}=1575^{(1)}$	<b>KHÔNG ĐẠT</b>	
30			Nguyên trạng (bụi bản, không vệ sinh)	Thử khô	$U_{TN}=1050$	ĐẠT	
31							Sau khi lau rửa, vệ sinh
32			Thử ướt	ĐẠT			
33		TN điện áp xoay chiều tăng cao (thử AC)	Nguyên trạng (bụi bản, không vệ sinh)	Thử khô	$U_{TN}=465$	ĐẠT	
34				Thử ướt		ĐẠT	
35				Sau khi lau rửa, vệ sinh		Thử khô	ĐẠT
36						Thử ướt	ĐẠT
37	Mẫu 05	Xung điện áp (xung sét 1,2/50 $\mu$ s)	Nguyên trạng (bụi bản, không vệ sinh)	Thử khô	$U_{TN}=1050$	ĐẠT	
38				Thử ướt		ĐẠT	
39			Sau khi lau rửa, vệ sinh	Thử khô		ĐẠT	
40				Thử ướt		ĐẠT	
41		TN điện áp xoay chiều tăng cao (thử AC)	Nguyên trạng (bụi bản, không vệ sinh)	Thử khô	$U_{TN}=460$	ĐẠT	
42				Thử ướt		ĐẠT	
43			Sau khi lau rửa, vệ sinh	Thử khô		ĐẠT	
44				Thử ướt		ĐẠT	
45	Mẫu 06	Xung điện áp (xung sét 1,2/50 $\mu$ s)	Nguyên trạng (bụi bản, không vệ sinh)	Thử khô	$U_{TN}=1550$	ĐẠT	
46				Thử ướt		ĐẠT	
47			Thử khô	$U_{TN}=2025^{(2)}$	<b>KHÔNG ĐẠT</b>		
48				$U_{TN}=1550$	ĐẠT		
49			Sau khi lau rửa, vệ sinh	Thử khô	$U_{TN}=1550$	ĐẠT	
50		Thử ướt					ĐẠT
51		TN điện áp	Nguyên trạng	Thử khô	$U_{TN}=670$	ĐẠT	

52		xoay chiều tăng cao (thử AC)	(bụi bẩn, không vệ sinh)	Thử ướt		ĐẠT
53			Sau khi lau rửa, vệ sinh	Thử khô		ĐẠT
54				Thử ướt		ĐẠT

<sup>(1)</sup> : Thử nghiệm dạng phá hủy (không theo tiêu chuẩn)

<sup>(2)</sup> : Thử nghiệm theo thông số xuất xưởng của nhà sản xuất

*b) Phân tích kết quả và đánh giá*

Vì có sự hạn chế về thu thập số lượng lớn các chuỗi cách điện đang vận hành, do đó bước đầu nghiên cứu của đề tài mới đem lại kết quả nhận định, đánh giá trực quan qua các đường đặc tính dòng áp và so sánh kết quả thử nghiệm. Để đánh giá hiệu quả vận hành của các chuỗi cách điện một cách tổng thể cần có thời gian và sự phối hợp giữa các Công ty truyền tải điện trong việc mong muốn đánh giá và tìm nguyên nhân lỗi trong toàn bộ lưới truyền tải với tổ chức nghiên cứu khoa học công nghệ ngành điện, đặc biệt là cách điện composite cấp điện áp từ 220kV-500kV.

Đối với nhiệm vụ nghiên cứu khoa học cụ thể này, qua việc thử nghiệm có thể đánh giá một số kết quả như sau:

+ Đối với cách điện mới lưu kho trong thời gian dài (vài tháng, vài năm...) ở môi trường nhiệt đới Việt Nam, cần đem thử nghiệm mẫu để xác định khả năng bị hư hỏng. Kết quả thử nghiệm cho thấy nguyên nhân chính là do nấm mốc: khi tiến hành thử nghiệm với mẫu của tuyến Cầu Bông – Hóc Môn cho thấy bề mặt cách điện có nấm mốc màu trắng đục, chiều dày khoảng 0,1-0,4 mm trên toàn bộ tán cách điện silicone 220 kV; tuy nhiên trong quá trình thử nghiệm xung sét và AC với vật mẫu như trên và sau khi lau sạch bằng cồn cho thấy vẫn đảm bảo và không xảy ra hiện tượng phóng điện. Điều này chứng tỏ vật liệu sản xuất và hãng sản xuất cách điện đã cung cấp các chuỗi cách điện composite đảm bảo trong tiêu chuẩn chế tạo và mặc dù để lâu trong kho vẫn đảm bảo các chỉ tiêu kỹ thuật. Tuy vậy, cũng cần thời gian vận hành lâu dài để đánh giá chính xác hơn và cần thêm một số thử nghiệm như sinh hóa để biết được thành phần gây nấm mốc trắng trên tán cách điện, thử nghiệm ứng suất cơ khí để kiểm tra độ cứng và ăn mòn đối với phụ kiện chuỗi, để có thể phòng ngừa trong việc lưu kho với cách điện dự phòng sau này.

+ Đối với cách điện vận hành thuộc Công ty Truyền tải điện 1: một số chuỗi cách điện 220kV được thu thập trong quá trình vận hành (khoảng 5 năm) cho thấy với



chuỗi cách điện còn nguyên và chuỗi có một (01) đến hai tán (02) bị rách nhẹ (nguyên nhân chưa xác định), trong quá trình thử nghiệm với hạng mục xung sét không gây ra phóng điện và đối với thử phá hủy AC đã gây phóng điện (đặc tính thử nghiệm bị bóp méo ở đầu cuối), điều này chứng tỏ cách điện vẫn có thể làm việc nhưng tuổi thọ và độ tin cậy bị suy giảm nhanh, do đó khi tiếp tục lắp đặt để làm việc cần theo dõi tập trung và định kỳ. Khuyến cáo nên thay chuỗi cách điện mới để đảm bảo vận hành tin cậy lâu dài.

Với một số chuỗi cách điện silicone 220kV (thuộc sự cố pha A - bảng tổng hợp 02) đã không đạt các yêu cầu trong thử nghiệm với xung sét. Các mẫu này đã được thu thập và giữ nguyên hiện trạng bụi bẩn và chưa vệ sinh, chứng tỏ môi trường đường dây vận hành đi qua khu vực có nhiều bụi bẩn như các nhà máy xi măng, công nghiệp có thể là nguyên nhân gây phóng điện. Với tuyến đường dây này cần theo dõi và thử nghiệm thường xuyên với số lượng cách điện lớn để đánh giá chính xác nguyên nhân chính.

+ Một số mẫu mới được nhập khẩu đã được kiểm tra thử nghiệm đều đạt, chứng tỏ hãng cung cấp đảm bảo về chất lượng và quy cách. Đây cũng là khuyến nghị về ưu tiên đối với việc lựa chọn hãng sản xuất khi chưa có điều kiện kiểm tra tất cả các hãng được nhập khẩu, chuỗi cách điện nhập khẩu cần đáp ứng được trong môi trường vận hành và khí hậu tại Việt Nam.

#### **IV. Kiến nghị**

Đối với các đơn vị quản lý ngành điện hoặc chủ đầu tư trực tiếp nhập khẩu cần kiểm tra các phép thử với cách điện treo (110 kV, 220kV, 500kV) phù hợp với môi trường nhiệt đới ở Việt Nam trước khi đưa vào lắp đặt và vận hành trên lưới.

Với các đơn vị vận hành lưới điện cần thường xuyên kiểm tra và theo dõi theo phân công quản lý đối với tuyến đường dây cao áp, thu thập các thông tin về điều kiện nhiễm bẩn khu vực để đề xuất định kỳ cắt điện, kiểm tra và thay thế cách điện. Từ đó đề xuất với đơn vị chủ quản lưới truyền tải khoanh vùng vận hành và có cơ chế đặc biệt về giám sát (bằng con người hoặc thiết bị giám sát hiện đại).

Giữa các đơn vị vận hành và cơ quan nghiên cứu cần có sự phối hợp chặt chẽ để giải thích các nguyên nhân sự cố bằng các báo cáo khoa học, dựa trên việc thử

nghiệm và đo lường, kết hợp xây dựng các tiêu chuẩn hóa (TCVN) đối với chuỗi cách điện treo vận hành trên lưới truyền tải Việt Nam.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] Chiến lược phát triển TCT Truyền tải điện Quốc gia đến 2025 và tầm nhìn 2030. Viện Năng lượng.
- [2] Vũ Thanh Hải, “Nghiên cứu đánh giá các đặc tính của cách điện treo bằng composite vận hành trong hệ thống điện Việt Nam”, Viện Năng lượng (2009).
- [3] G. G. Karady, M. Shah, R. L. brown, “Flashover mechanism of silicone rubber insulators used for outdoor insulation – I,” IEEE Transactions on Power Delivery, v. 10, No. 4, pp. 1965-1971, October 1995.
- [4] Multistress Aging of Polymeric Insulators in various Environmental Conditions, [www.east.asu.edu/ctas/multistress/papers/nsf-2-5.pdf](http://www.east.asu.edu/ctas/multistress/papers/nsf-2-5.pdf).