

Nghiên cứu đánh giá hệ thống quan trắc, giám sát và cảnh báo dông sét và hiệu quả của hệ thống đối với lưới truyền tải điện Việt Nam

Evaluation of the thunderstorms monitoring and warning system and its effectiveness for Vietnam's power transmission grid

Vũ Thanh Hải¹, Nguyễn Hữu Kiên¹, Phạm Hùng¹, Trương Khánh Điệp¹, Mai Văn Tài¹; Nguyễn Khánh Vinh¹; Nguyễn Đức Hạnh², Lê Việt Cường²; Ngô Minh Thành³.

¹Phòng Thí nghiệm trọng điểm Điện cao áp – Viện Năng lượng; ²Viện Năng lượng ³Công ty truyền tải Điện 1 – Tổng Công ty Truyền tải điện Quốc gia.

Tóm tắt:

Bài báo giới thiệu hệ thống quan trắc giám sát và cảnh báo dông sét theo thời gian thực được lắp đặt trên lãnh thổ Việt Nam. Hệ thống được xây dựng nhằm theo dõi các hoạt động dông sét với độ chính xác cao, giúp các đơn vị quản lý định vị, xử lý nhanh chóng các sự cố do sét. Bài báo phân tích, đánh giá tiềm năng và hiệu quả của hệ thống trong việc giúp các đơn vị điều độ lưới truyền tải xử lý nhanh chóng các sự cố do sét (mà trước đó chỉ có thể phỏng đoán) và xây dựng các biện pháp phòng ngừa một cách tối ưu, giảm số giờ cắt điện do sự cố dông sét lưới điện truyền tải của Tổng công ty truyền tải điện quốc gia (EVNNPT).

Từ khóa:

CG (Mây Đất), EVNNPT (Tổng Công ty Truyền tải điện Quốc gia), GPS (Hệ thống định vị toàn cầu), IC (tia sét trong mây), LLS (Hệ thống quan trắc, giám sát và cảnh báo dông sét), MDF (Định hướng từ), PTC1 (Công ty truyền tải Điện 1, TOA (Thời gian tới), VLF/LF (Tần số rất thấp/Tần số thấp) .

Abstract:

This article introduces a real-time thunderstorm monitoring and warning system installed in Vietnam. The system was built to monitor lightning activities with high accuracy, helping Power Transmission System Operators (TSO) locate and quickly handle lightning incidents. The article analyzes and evaluates the potential and effectiveness of the system in helping TSO and transmission grid dispatching units quickly handle lightning incidents and implement the solutions in order to reducing the number of hours of power cuts due to lightning incidents in the transmission grid of the National Power Transmission Corporation (EVNNPT).

Key word:

CG (Cloud-to-Ground), EVNNPT (National Power Transmission Corporation), GPS (Global Positioning System), IC (lightning in the clouds), LLS (Thunderstorm observation, surveillance and warning system), MDF (Magnetic Orientation), PTC1 (Power Transmission Company 1, TOA (Time of Arrival), VLF/LF (Very Low Frequency/Low Frequency) .

1. Đặt vấn đề

Việt Nam nằm ở tâm đông châu Á, một trong ba tâm dông trên thế giới và là khu vực có mật độ phóng điện sét rất cao [1]. Trung bình hàng năm ở Việt Nam có khoảng 2 triệu cú sét đánh xuống đất. Mùa dông sét thường kéo dài, từ tháng 4 đến tháng 10, tháng cao điểm tùy thuộc vào từng khu vực. Dông sét ở Việt Nam có độ chênh lệch khá lớn về mức độ theo các vùng. Có nơi có số giờ dông nhỏ như Phan Rang, chỉ đạt 55 giờ/năm; nhưng lại có nơi đạt số giờ dông tới 544 giờ/năm như tại Móng Cái [2]. Thiệt hại do sét gây ra cho hệ thống điện của

nước ta khá nghiêm trọng. Có thể nói rằng hiện tượng phóng điện sét – đặc biệt là những cú sét dạng mây – đất CG (Cloud to Ground) – là một trong những nguyên nhân chính gây ra sự cố hệ thống điện.

Để bảo vệ lưới điện, cần phải tiếp cận một giải pháp chủ động phòng chống sét dựa trên cơ sở hệ thống phát hiện, cảnh báo và giám sát dông sét có độ tin cậy cao nhằm đưa ra các biện pháp ngăn ngừa những nguy cơ tiềm năng và giảm thiểu sự cố do sét [3]. Nội dung nghiên cứu này phân tích và đề xuất giải pháp cho hệ thống quan trắc, giám sát và cảnh báo dông sét trên cơ sở các phương pháp phát hiện và định vị sét hiện hành với mục tiêu phục vụ công tác vận hành an toàn và hiệu quả lưới điện truyền tải Việt Nam. Trên cơ sở vận hành hệ thống đã được thiết lập, nghiên cứu này cũng sẽ phân tích đánh giá một số kết quả thu nhận ban đầu của hệ thống tại lưới truyền tải thuộc Công ty truyền tải điện 1 – Tổng Công ty Truyền tải điện Quốc gia EVNNPT.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Tổng quan về các phương pháp định vị sét

Theo Tiêu chuẩn IEC 62793 “Các hệ thống cảnh báo dông sét – Bảo vệ chống sét” [4], chu trình hay vòng đời của một cơn dông được chia thành 4 pha: i) pha 1 hình thành; ii) pha 2 phát triển; iii) pha 3 trưởng thành; iv) pha 4 tan rã. Cũng theo tiêu chuẩn này, hệ thống phát hiện cảnh báo dông sét được phân loại theo quá trình phát hiện, giám sát các pha phát triển dông và theo dạng phóng điện sét có thể phát hiện được (dạng mây-mây hoặc mây-đất).

Căn cứ theo phương pháp phát hiện và định vị dông sét sẽ có các loại cảm biến phát hiện và định vị với các kỹ thuật khác nhau, cụ thể: FSM/ đo cường độ trường; MDF/định hướng từ; TOA/thời gian tới; RFI/ giao thoa tần số vô tuyến; RF/ đo cường độ tín hiệu tần số vô tuyến.

Bảng 1. Phương pháp phát hiện và định vị dông sét

STT	Phương pháp phát hiện và định vị cú sét	Dải tần số được sử dụng để phát hiện và định vị sét	Khoảng cách phát hiện cơn giông	Định vị các cú sét
1	FSM (Đo cường độ trường)	Phát hiện các quá trình điện tại cả 4 pha của cơn dông thông qua trường tĩnh điện DC	Khoảng 20 km	Phục vụ mục tiêu cảnh báo sớm tầm ngắn
2	MDF (Định hướng từ)	Phát hiện sự di chuyển các điện tích của đám mây dông ở pha 2 và 3 với dải tần số làm việc là VLF/tần số cực thấp-(3kHz tới 30kHz)	Rất xa	Hiệu quả thấp và độ chính xác trong định vị sét không cao
3	TOA (Thời gian tới)	Phát hiện các cú sét mây-mây và mây-đất giai đoạn hình thành tiên đạo ở pha 2 và 3 của đám mây dông với dải tần số làm việc là VHF/tần số rất cao-(30MHz tới 300MHz)	200 km	Độ chính xác cao
4	RFI (Giao thoa tần số vô tuyến)	LF/tần số thấp (30kHz tới 300kHz)	300 km	Độ chính xác cao
5	Kết hợp TOA với MDF	Phát hiện các bức xạ điện từ trường từ các cú sét (tức dòng điện sét) ở pha 2 và 3 của đám mây dông với dải tần số làm việc là VLF/LF	600 km	Độ chính xác cao

Như vậy, có thể thấy rằng để đáp ứng mục tiêu xây dựng hệ thống phát hiện, giám sát và cảnh báo dông sét cho hệ thống điện bao gồm các đường dây truyền tải điện và các trạm biến áp trải dài trên phạm vi cả nước thì phương pháp phát hiện và định vị sét trên nguyên lý kết hợp TOA với MDF là giải pháp phù hợp nhất do có một số tính năng ưu việt sau:

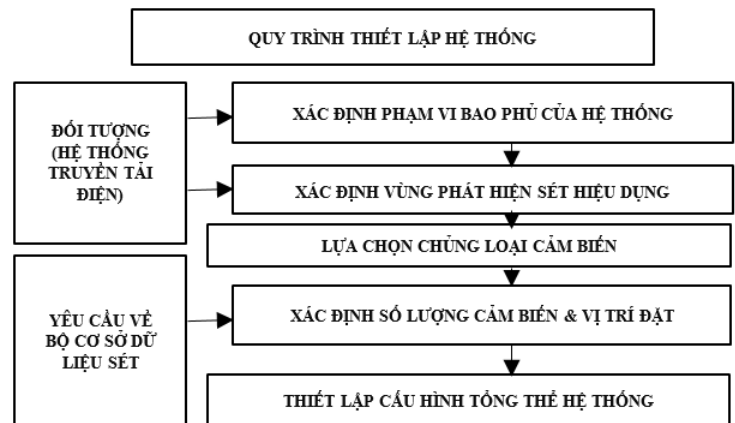
- Hệ thống bao phủ một vùng rộng lớn với độ chính xác cao, phát hiện hiệu quả, và độ chính xác được phân loại;
- Đạt được bộ bao phủ lớn và độ tin cậy với số lượng cảm biến ít hơn;
- Định vị cú sét không bị ảnh hưởng bởi việc cắt điện hay mất kết nối.
- Theo đánh giá của Tổ chức khí tượng thế giới về hiệu quả phát hiện cú sét đánh mây-đất [5]: Hệ thống kiểu TOA phát hiện sét ít hơn đáng kể so với hệ thống kiểu kết hợp MDF-TOA (cùng với số lượng cảm biến như nhau).

2.2. Lựa chọn giải pháp hệ thống quan trắc, giám sát và cảnh báo dông sét tại EVNNPT

2.2.1. Yêu cầu và cơ sở thiết lập cấu hình hệ thống:

Căn cứ vào hiện trạng vận hành lưới điện truyền tải trên cả nước, giải pháp về hệ thống quan trắc, giám sát và cảnh báo dông sét (sau đây viết tắt là LLS – Lightning Location System) cần phải cung cấp được những thông tin chính sau:

- Sự hình thành, xuất hiện của các cơn dông sét tiềm năng gây nguy hiểm tới lưới điện truyền tải; đường đi, hướng của cơn dông;
- Định vị các cú sét đánh xuống đất từ đám mây dông tới vị trí của tuyến đường dây tải điện, trạm biến áp [6];
- Xác định và lưu trữ các thông số của cú sét đánh xuống đất (Mây – Đất), Mây – Mây như: thời gian xảy ra; vị trí (kinh độ/vĩ độ); loại sét “Mây đất” hay “Mây mây”; cực tính; biên độ dòng điện sét.



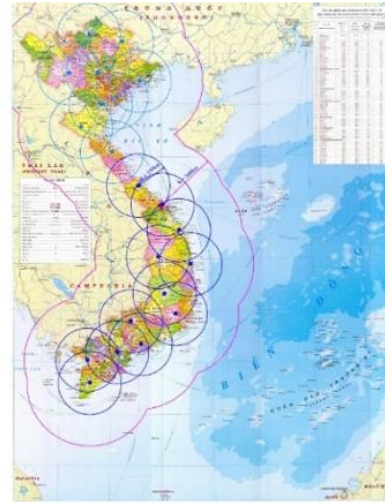
Hình 1. Sơ đồ khối quy trình thiết lập hệ thống LLS

Quá trình thiết lập hệ thống LLS được triển khai theo sơ đồ khối tại Hình 1.

2.2.2. Thiết lập cấu hình hệ thống quan trắc, giám sát và cảnh báo dòng sét truyền tải Việt Nam:

Phạm vi bao phủ của hệ thống sẽ dựa trên cấu hình hệ thống truyền tải điện trên toàn đất nước; đó sẽ là một vùng có kích thước chiều ngang khoảng 900km và chiều dài khoảng 2000km. Phạm vi phát hiện sét hiệu dụng bằng bán kính hiệu dụng của bộ cảm biến, được xác định là 300km [7].

Các bộ cảm biến của hệ thống LLS phải sử dụng kết hợp cả 2 phương pháp định hướng từ (MDF) và thời gian tới (TOA) với dải tần số làm việc VLF/LF nhằm đem đến hiệu quả phát hiện sét cao nhất [8]. Vùng phát hiện sét hiệu dụng đạt 95% đối với sét mây-đất (CG). Độ chính xác định vị cú sét phải nhỏ hơn 150 m.



Hình 2. Phạm vi phát hiện sét của các cảm biến dòng sét của hệ thống quan trắc – giám sát – cảnh báo dòng sét (Đường màu tím: phạm vi phát hiện hiệu dụng)

Vị trí đặt các bộ cảm biến hệ thống LLS nhằm đạt hiệu quả phát hiện cú sét mây-đất như mong muốn (95%) cần tuân thủ các nguyên tắc: *i)* Chỉ đặt các bộ cảm biến trong vực quản lý tại các Truyền tải điện địa phương nhằm đảm bảo an toàn thiết bị và có nguồn điện tin cậy để vận hành. Ưu tiên những vị trí có sẵn mạng WAN của EVNNPT; *ii)* Chỉ được đặt tại vị trí cụ thể sau khi đã tiến hành khảo sát địa điểm, đánh giá mức độ ảnh hưởng của cường độ điện từ trường lên bộ cảm biến và các thông số khác như khí hậu, địa hình, nhiễu từ nguồn điện và viễn thông; *iii)* Đối với cảm biến sử dụng phương pháp TOA kết hợp MDF để định vị cú sét cần một cụm 3 bộ cảm biến với khoảng cách giữa các cảm biến không vượt quá 300km.

Với những nguyên tắc trên, hệ thống LLS được tính toán, thiết kế gồm 21 bộ cảm biến được phân bố hợp lý theo cấu hình hệ thống truyền tải điện Việt Nam, đảm bảo bao phủ cả vùng với kích thước 900x2000km (Hình 4).

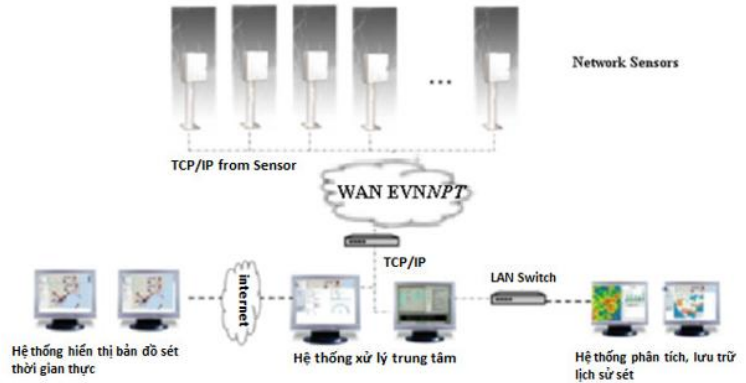
2.2.3. Thiết lập qui mô hệ thống quan trắc, giám sát và cảnh báo dòng sét:

Với những yêu cầu đặt ra cho hệ thống LLS và trên cơ sở những luận điểm về thiết lập hệ thống, qui mô cần phải trang bị sẽ bao gồm những phần tử chính sau (Hình 3):

- Hệ thống 21 cảm biến phát hiện và định vị các cú sét, chủ yếu là dạng mây-đất.

- Hệ thống xử lý trung tâm bao gồm server và phần mềm chuyên dụng cho hệ thống quan trắc giám sát và cảnh báo dông sét.

- Hệ thống hiển thị và phân tích dông sét: i) Phần mềm hiển thị cảnh báo sét theo thời gian thực. Hệ thống hiển thị nhận dữ liệu thô từ hệ thống xử lý trung tâm cho kết quả là bản đồ dông sét, vị trí sét, hướng di chuyển và hệ thống âm thanh cảnh báo. ii) Hệ thống phân tích sét bao gồm server, máy trạm cùng phần mềm chuyên dụng cho hệ thống dông sét, ứng dụng nền tảng client-server đảm bảo tính ổn định và an toàn.



Hình 3. Cấu hình tổng thể của hệ thống LLS

3. Kết quả và thảo luận

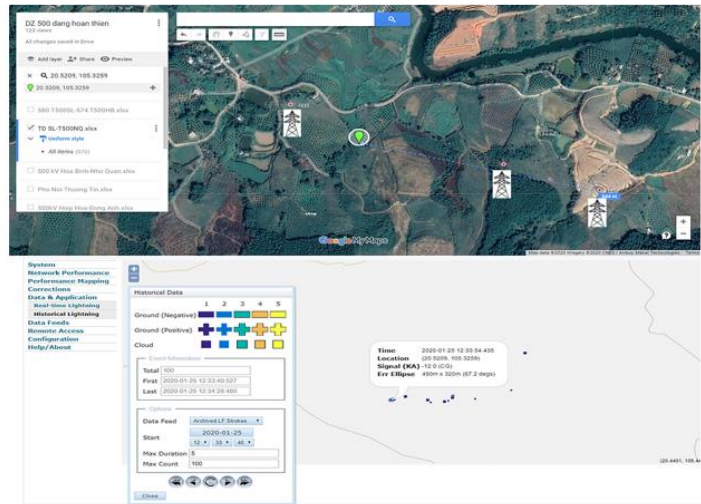
Hệ thống quan trắc, giám sát và cảnh báo dông sét (LLS) lắp đặt cho lưới truyền tải điện của Tổng Công ty Truyền tải điện Quốc gia (EVNNPT) được đầu tư xây dựng theo 2 giai đoạn; Viện Năng lượng – Bộ Công Thương là đơn vị tư vấn thiết kế. Giai đoạn 1 của dự án đầu tư được triển khai từ 2017 tới 2019 với hệ thống LLS được lắp đặt tại khu vực miền Bắc – Bắc Trung Bộ tới khu vực tỉnh Hà Tĩnh. Giai đoạn 2 của dự án được triển khai từ 2020 tới 2022, hệ thống LLS đã được lắp đặt tại khu vực miền Trung và miền Nam. Như vậy, hệ thống tổng thể trên phạm vi cả nước hiện đã được hiệu chỉnh và vận hành như một hệ thống LLS chung cho cả hệ thống truyền tải điện của EVNNPT. Hệ thống này sử dụng công nghệ, thiết bị và phần mềm của Tập đoàn Vaisala cung cấp.

Với việc vận hành hệ thống LLS trên toàn lãnh thổ Việt Nam và bao phủ toàn bộ lưới điện truyền tải của EVNNPT, các đơn vị vận hành hệ thống điện sẽ có khả năng theo dõi sự hình thành, phát triển và hướng dịch chuyển của các đám mây dông một cách chủ động theo thời gian thực, từ đó đưa ra cảnh báo sớm nhằm tối ưu hóa vận hành lưới điện trong tình huống dông sét, ngăn ngừa và giảm thiểu thiệt hại do sự cố dông sét.

Hơn thế nữa, các dữ liệu thống kê hàng năm về dông sét như mật độ cú sét đánh xuống đất, cường độ cú sét đánh xuống đất, số ngày giờ dông sét trung bình tại các khu vực thu thập được qua hệ thống LLS của EVNNPT sẽ tạo thành bộ cơ sở dữ liệu phục vụ đặc lực cho công tác vận hành, thiết kế lưới điện/trạm biến áp... một cách tối ưu với những thông số thực tế, qua

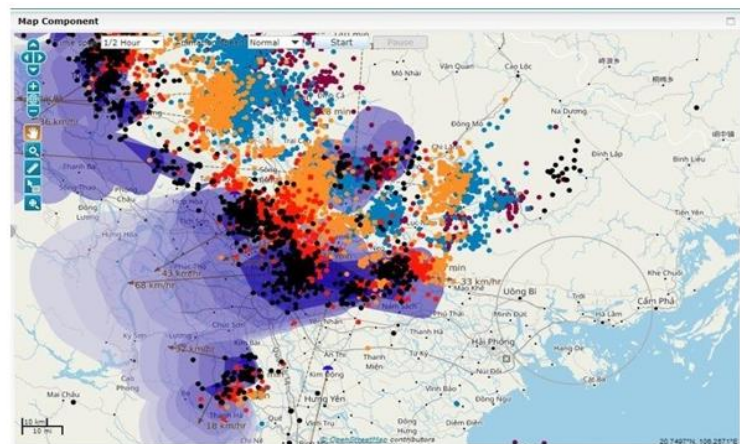
đó giảm thiểu nguy cơ sự cố do dông sét trong vận hành.

Cụ thể, với 2 năm vận hành hệ thống LLS khu vực phía Bắc do Công ty Truyền tải điện 1 quản lý đã cho thấy hiệu quả của hệ thống trong việc phát hiện sự hình thành và di chuyển của các đám mây dông, trong phát hiện và định vị các cú sét đánh xuống đất. Việc định vị cú sét đánh xuống đất (mây-đất) với độ chính xác cao đã giúp cho Công ty giảm đáng kể thời gian khắc phục sự cố do dông sét đánh vào đường dây truyền tải cũng như xác định nguyên nhân sự cố. Một số tình huống sự cố liên quan tới dông sét trong năm 2020 tại lưới điện truyền tải khu vực miền Bắc do Công ty Truyền tải điện 1 quản lý đã được làm rõ và xác định nhanh chóng vị trí xảy ra sự cố qua vận hành hệ thống LLS. Cụ thể, lúc 12h33' ngày 25/1/2020 đã phát sinh sự cố đường dây 575 TĐ Sơn La (A17.0) – 575 Nho Quan. Hệ thống quan trắc sét ghi nhận được lúc 12h33'54,435'' có cú sét với tọa độ 20,5209; 105,3259; cường độ -12kA, dạng sét mây-đất, cách vị trí cột 446 (vị trí sự cố) khoảng 550m, cách điểm gần nhất khoảng cột 444-445 khoảng 70m, cách cột gần nhất 183m. Vị trí xảy ra sự cố đã được nhanh chóng định vị; sau kiểm tra đã xác nhận vị trí cột 446 có vết phóng điện tại pha C (trái) (Hình 4).



Hình 4. Thông số cú sét mây-đất và vị trí sét đánh so với tuyến đường dây 575 Thủy Điện Sơn La

Ngoài chức năng định vị các cú sét đánh xuống đất, hệ thống LLS còn theo dõi sự hình thành, phát triển và hướng đi của các đám mây dông với mục tiêu đánh giá nguy cơ xảy ra sự cố cho các tuyến đường dây tải điện, từ đó đề xuất các biện pháp phòng ngừa thích hợp. Hình 5 là hình ảnh đám mây dông thu nhận được qua hệ thống LLS tại khu vực quản lý của Công ty Truyền tải điện 1 (khu vực miền Bắc).



Hình 5. Sự hình thành và dịch chuyển của đám mây dông

Qua hình ảnh đám mây dông này ta sẽ thấy các chấm màu thể hiện khu vực sét đánh xuống. Trong đó màu Đen là khu vực sét sẽ đánh xuống trong khoảng thời gian từ 0-15 phút, màu Đỏ là khu vực sét sẽ đánh xuống trong khoảng thời gian từ 15-30 phút, màu Cam là khu vực sét sẽ đánh xuống trong khoảng thời gian từ 30-60 phút, màu Xanh là khu vực sét sẽ đánh xuống trong khoảng thời gian từ 60-90 phút và màu Nâu là khu vực sét sẽ đánh xuống trong khoảng thời gian từ 90-120 phút.

4. Kết luận

Hệ thống quan trắc, giám sát và cảnh báo dông sét LLS vận hành tại Tổng công ty Truyền tải điện Quốc gia đã cho thấy khả năng hoạt động hiệu quả của hệ thống và tính chính xác của công tác tính toán, thiết kế. Cụ thể bao gồm:

Thứ nhất, khả năng cảnh báo từ xa quá trình hình thành cơn dông nhằm chủ động phương thức vận hành lưới điện truyền tải.

Thứ hai, khả năng xác định nhanh và chính xác điểm sự cố đối với sự cố có nguyên nhân do sét. Thời gian tìm điểm sự cố rút ngắn được tới 70% so với trước đây, khi hệ thống LLS chưa được vận hành. Việc xác định nhanh chóng sự cố trên một tuyến đường dây dài hàng chục hay hàng trăm km sẽ góp phần làm giảm thời gian cắt điện, khắc phục sự cố.

Thứ ba, với các quan trắc sét đầu vào, bộ cơ sở dữ liệu dông sét thu thập được kết hợp với phần mềm EMTP sẽ phục vụ cho việc quản lý vận hành lưới truyền tải của EVNNPT một cách tối ưu như xác định được suất cắt điện do sét trên đường dây; có được tiêu chí về bảo vệ dông sét trong quá trình bảo dưỡng, sửa chữa khắc phục sự cố trên lưới truyền tải.

Thứ tư, bộ cơ sở dữ liệu dông sét thu thập được (biên độ, mật độ sét trên khu vực, tính toán suất cắt...) sẽ phục vụ cho việc hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia về bản đồ dông sét và xây dựng các tiêu chí về thiết kế, thi công đường dây tải điện, phối hợp cách điện trạm biến áp truyền tải một cách tối ưu, giảm giá thành đầu tư nhưng vẫn đảm bảo hiệu quả bảo vệ chống sét.

Hơn thế nữa, trong tương lai, hệ thống LLS có thể tham gia vào quá trình phát triển và ứng dụng công nghệ AI, dữ liệu lớn... hỗ trợ đắc lực cơ quan điều độ hệ thống điện quốc gia chủ động hơn trong công tác dự báo, lập kế hoạch điều độ lưới truyền tải trong tình huống phát sinh nguy cơ do dông sét lên tuyến đường dây truyền tải điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Viện Vật lý địa cầu; Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Nhà nước giai đoạn 2002-2005 “Nghiên cứu hoạt động dông sét và đề xuất các giải pháp phòng chống sét ở Việt Nam”, HN 2005.
- [2] Viện Vật lý địa cầu; Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Nhà nước giai đoạn 2002-2005 “Nghiên cứu hoạt động dông sét và đề xuất các giải pháp phòng chống sét ở Việt Nam”, HN 2005, Tr.174.
- [3] Hu, H., Fang, M., Zhang, Y., Jing, L., & Hu, F. (2021). Dynamic lightning protection method of electric power systems based on the large data characteristics. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 128, 106728.
- [4] Tiêu chuẩn IEC 62793 “Các hệ thống cảnh báo dông sét – Bảo vệ chống sét”, IEC 62793 “Thunderstorm warning systems – Protection against lightning ». 2020.
- [5] 2015-WMO Report on the Performance Evaluation of the VLFLF Lightning Sensors.
- [6] Perez, E., Espinosa, J., & Aranguren, D. (2020). On the development of dynamic stroke density for transmission line for power system operational applications. *International Journal of Electrical Power*.
- [7] Okabe, S., & Takami, J. (2011). Occurrence probability of lightning failure rates at substations in consideration of lightning stroke current waveforms. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 18(1), 221–231.
- [8] Yijun Huang, Yadong Fan , Li Cai , Si Cheng , and Jianguo Wang: A New Thunderstorm Identification Algorithm Based on Total Lightning Activity; School of Electrical Engineering and

Automation, Wuhan University, Wuhan, China.

Phản biện: TS. Nguyễn Nhất Tùng