

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG GIÁM SÁT NHIỆT ĐỘNG VÀ HIỆU QUẢ CỦA HỆ THỐNG ĐỐI VỚI CÔNG TÁC VẬN HÀNH ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI ĐIỆN VIỆT NAM

EVALUATION OF THE DYNAMIC LINE RATING SYSTEM AND ITS EFFECTIVENESS FOR THE OPERATION OF THE NATIONAL POWER TRANSMISSION GRID

Vũ Thanh Hải¹, Lê Việt Cường¹, Nguyễn Hữu Kiên¹, Phạm Hùng¹, Trương Khánh Điệp¹; Mai Văn Tài¹; Nguyễn Đức Hạnh¹; Ngô Minh Thành²

¹Viện Năng lượng, ²Công ty truyền tải Điện 1

Ngày nhận bài: 10/3/2023, Ngày chấp nhận đăng: 26/5/2023, Phản biện: TS. Trần Anh Tùng

Tóm tắt:

Bài báo giới thiệu hệ thống giám sát nhiệt động đường dây tải điện trên không. Hệ thống được lắp đặt nhằm xác định công suất truyền tải của các tuyến đường dây theo thời gian thực dựa trên các thông số thu được tức thời của đường dây và môi trường xung quanh với mục tiêu nâng cao hiệu suất truyền tải, giải tỏa công suất theo thời gian thực đồng thời cảnh báo kịp thời các sự cố liên quan quá nhiệt đường dây. Bài báo phân tích, đánh giá tiềm năng và tính toán vị trí lắp đặt một hệ thống thiết bị giám sát nhiệt động đường dây cụ thể tại một tuyến đường dây của Công ty Truyền tải điện 1 (PTC1) - Tổng công ty Truyền tải điện Quốc gia (NPT) được báo cáo.

Từ khóa:

Đường dây truyền tải điện trên không, hệ thống giám sát nhiệt động, định mức nhiệt động, định mức nhiệt tĩnh, hệ thống định vị toàn cầu, Công ty Truyền tải điện 1, Tổng công ty Truyền tải điện Quốc gia.

Abstract:

The article introduces the Dynamic Line Rating system of overhead power transmission lines. The system is installed to monitoring the transmission capacity of the power transmission lines in real time based on the instantaneously obtained line parameters and the surrounding environment parameters with the goal of improving transmission efficiency, reducing real-time transmission capacity congestion and timely warning of problems related to line conductor overheating. The article analyzes, evaluates the potential and calculates the installation location of a specific Dynamic Line Rating system at a power transmission line of Power Transmission Company 1 (PTC1) - National Power Transmission Corporation (NPT) are reported.

Keywords:

Power Transmission Line, Dynamic Line Rating, Dynamic Thermal Rating, Static Thermal Rating, Power Transmission Company 1, National Power Transmission Corporation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đường dây truyền tải điện trên không (ĐDK) là một phần tử vô cùng quan trọng trong hệ thống truyền tải điện quốc gia, là cầu nối để đưa năng lượng điện từ các nguồn phát điện đến được với từng khu vực sử dụng. Hiện trạng nhiều tuyến ĐDK thuộc lưới điện quốc gia (trong đó có nhiều tuyến đã đưa vào sử dụng lâu năm) đang phải vận hành quá tải vì nhiều nguyên nhân khác nhau như: phụ tải tăng đột ngột, các nguồn năng lượng tái tạo (điện mặt trời) được đưa vào vận hành nhiều tại khu vực miền Trung và Nam Trung bộ... làm gia tăng sự cố, gây mất an toàn và tin cậy cấp điện [1].

Mặt khác, các tuyến ĐDK thường có độ dài lớn và đi qua nhiều vùng miền với các điều kiện thời tiết khác nhau cũng có ảnh hưởng lớn đối với sự vận hành ổn định của hệ thống điện truyền tải. Các điều kiện thời tiết (như bức xạ tia mặt trời, tốc độ gió, nhiệt độ môi trường...) tác động mạnh tới khả năng phát nhiệt của dây dẫn, từ đó ảnh hưởng lớn đến khả năng tải của ĐDK. Đặc biệt nguy hiểm là khi nhiệt độ dây dẫn tăng cao trong những ngày nắng nóng và phụ tải tăng đột ngột gây tụt lều đường dây, nếu ngăn lộ không có bảo vệ chống tụt lều thì ngăn lộ không được bảo vệ tác động cắt ra khỏi sự cố, gây mất đối xứng pha trong hệ thống và gây phát triển lan truyền sự cố, dẫn đến sự cố vĩnh cửu nguy hiểm, gây mất ổn định cho hệ thống cung cấp điện, thiệt hại rất lớn cho nền kinh tế.

Với mục tiêu nâng cao hiệu suất truyền

tải, giải tỏa công suất theo thời gian thực, nâng cao độ tin cậy vận hành do giảm thiểu được nguy cơ tăng độ võng dây dẫn do quá nhiệt (ĐDK bị quá tải), hiện nay trên thế giới đã triển khai hệ thống thiết bị giám sát nhiệt động (DLR) lắp đặt trên tuyến ĐDK. Đây là một hệ thống cho phép xác định nhiệt độ và công suất tải của tuyến ĐDK theo thời gian thực và mang lại hiệu quả giám sát rất cao, kịp thời cảnh báo trước các sự cố liên quan tới quá nhiệt trên đường dây cũng như đưa ra dự báo về công suất tải giúp cơ quan điều độ lựa chọn phương thức vận hành ĐDK hiệu quả nhất [2].

Nội dung nghiên cứu này đánh giá tiềm năng ứng dụng và triển khai lắp đặt hệ thống DLR trên lưới điện truyền tải trên cơ sở phối hợp với đơn vị vận hành là Tổng Công ty Truyền tải điện Quốc gia EVNNPT [3].

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Tổng quan về các phương pháp xác định mức nhiệt/thermal rating của ĐDK

2.1.1. Phương pháp định mức nhiệt tĩnh/Static Thermal Rating

Phương pháp định mức nhiệt tĩnh (STR) là phương pháp đánh giá chế độ nhiệt của ĐDK trong điều kiện thời tiết xấu nhất. STR xác định dòng tải vận hành tối đa thấp nhất cố định cho ĐDK. STR là giá trị cơ bản khi nói đến đánh giá chế độ nhiệt và được sử dụng rộng rãi trong thiết kế, vận hành lưới truyền tải điện. Tất cả các biện pháp nâng công suất ĐDK đều được

so sánh với giá trị của STR. Ngay cả các khái niệm về đánh giá chế độ nhiệt kiểu xác suất và đánh giá chế độ nhiệt động đã được phát triển; đánh giá nhiệt tĩnh vẫn được sử dụng phổ biến nhất trong ngành công nghiệp truyền tải điện [4].

Trong vận hành lưới truyền tải điện, điều kiện thời tiết xấu nhất là: tốc độ gió bằng không, nhiệt độ môi trường cao nhất và bức xạ mặt trời cao nhất. Nhưng khá khó để xác định nhiệt độ môi trường cao nhất và bức xạ mặt trời cao nhất. Đồng thời, sử dụng tốc độ gió bằng không sẽ làm giảm đáng kể giá trị của đánh giá nhiệt.

Vì những lý do đã nêu ở trên, bản chất của định mức nhiệt tĩnh là đánh giá nhiệt trong điều kiện thời tiết tới hạn thay vì điều kiện xấu nhất. Điều kiện thời tiết tới hạn thường được xác định bởi dữ liệu lịch sử và phân tích thống kê. Thông thường, điều kiện thời tiết tới hạn xấu hơn hầu hết các điều kiện thời tiết khác. Vì vậy, STR cũng không phải lúc nào cũng có thể áp dụng cho vận hành của ĐDK. Tuy nhiên, các công ty truyền tải điện sẽ phải chịu đựng một rủi ro nhỏ để có được công suất truyền tải hợp lý và vận hành các cấu trúc ĐDK kinh tế hơn.

2.1.2. Phương pháp định mức nhiệt theo xác suất/Probabilistic thermal rating

Phương pháp định mức nhiệt theo xác suất là sự kết hợp của những phép đánh giá nhiệt tĩnh khác nhau dựa trên các điều kiện thời tiết tới hạn khác nhau. Xác suất rủi ro quá tải trong điều kiện xếp hạng nhiệt cố định này có thể được tính toán.

Trong một số trường hợp, rủi ro quá tải tối đa cho phép được đưa ra; và phép đánh giá nhiệt tĩnh tương ứng có thể được tính toán [5].

2.1.3. Phương pháp định mức nhiệt động/Dynamic Thermal Rating

Phương pháp định mức nhiệt động (DTR) là xác định giá trị dòng tải cực đại cho phép theo thời gian thực của ĐDK. Giá trị này cũng được coi là yếu tố quan trọng trong quy hoạch/thiết kế và vận hành các hệ thống điện.

Trong những thời gian gần đây, khi lưới điện thông minh với nguồn phát từ năng lượng tái tạo (gió, mặt trời) được đưa vào vận hành ngày càng phổ biến thì việc phải thiết lập các hệ thống giám sát nhiệt động trên các ĐDK là cần thiết và phù hợp. Vì việc đo lường chính xác chế độ nhiệt động là tốn kém, do vậy cần phải xác lập và thiết kế một hệ thống DLR hiệu quả về chi phí. Việc tính toán theo DTR đòi hỏi thông tin về tốc độ gió thời gian thực, hướng gió, tốc độ bức xạ mặt trời, nhiệt độ môi trường, nhiệt độ và dòng điện dây dẫn [6].

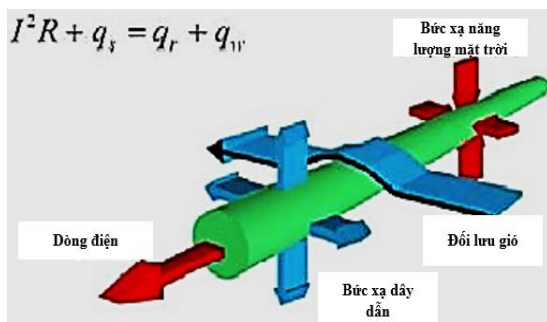
Một hệ thống đánh giá/giám sát nhiệt động cần phải có được tất cả các thông số này. Đồng thời, phép đo phải đáp ứng các yêu cầu về độ nhạy, độ chính xác. Hiện tại, trên thị trường đã có một số hệ thống DLR với những cách tiếp cận khác nhau trong việc xác định và thu nhận thông tin về nhiệt độ dây dẫn, thông số môi trường theo thời gian thực đã được đưa vào sử dụng để theo dõi tình trạng của ĐDK.

Trong phạm vi nghiên cứu này, phương pháp định mức nhiệt động (tính toán công suất động – theo giới than thực) được sử dụng làm nguyên lý cho giải pháp thiết kế các hệ thống giám sát nhiệt động đường dây truyền tải.

2.2. Nguyên lý tính toán công suất động (theo thời gian thực) của đường dây

Phương pháp tính công suất động của đường dây được chia ra làm 2 phương pháp: trực tiếp và gián tiếp. Việc phân định giữa phương pháp trực tiếp và gián tiếp chưa rõ ràng; một số cho rằng chỉ có phương pháp tính độ võng ĐDK là trực tiếp, trong khi hầu hết cho rằng tất cả các phương pháp tính toán các thông số của đường dây truyền tải là phương pháp trực tiếp [7].

Phương pháp tính công suất động của đường dây được thực hiện theo Tiêu chuẩn CIGRE/IEEE 738:2006 trong đó sử dụng phương trình đối lưu nhiệt mô phỏng thực nghiệm để tính ra dòng đối lưu nhiệt “ q_c ”. [8, 9].



Hình 1: Sơ đồ dòng nhiệt tiêu chuẩn

Phương trình đối lưu nhiệt tiêu chuẩn:

$$q_c + q_r + mC_p \frac{dT_c}{dt} = q_s + I^2R(T_c) \quad (1)$$

m : khối lượng trên mỗi đơn vị chiều dài của dây truyền tải;

C_p : nhiệt dung riêng của dây dẫn;

T_c : nhiệt độ lõi;

q_c : tỉ lệ thất thoát nhiệt do dòng đối lưu lạnh;

q_r : tỉ lệ thất thoát nhiệt do dây tự bức xạ;

q_s : tỉ lệ tăng nhiệt do sức nóng từ mặt trời;

I : dòng điện đường dây;

$R(T_c)$: điện trở đường dây trên mỗi đơn vị chiều dài, tại nhiệt độ cụ thể T_c .

Phương trình này được dùng để dự đoán khoảng thời gian mà dây có thể chịu được ứng với tải cho sẵn khi không bị quá tải và nó cũng được dùng trong việc vẽ đồ thị đặc tuyến I-T.

$$q_c = q_s + I^2R_{ac}(T_c) - q_r - mC_p dT_c/dt \quad (2)$$

Từ phương trình tiêu chuẩn này, có thể tính được dòng nhiệt đối lưu “ q_c ” từ những tham số thu thập được từ thực tế:

R_{ac} được tính bằng cách dùng những thông số kỹ thuật của dây dẫn, nhiệt độ dây dẫn và nhiệt độ môi trường;

T_c : nhiệt độ lõi, có thể đo bằng thiết bị cảm biến lắp trên đường dây;

I : dòng điện, có thể đo bằng thiết bị cảm biến lắp trên đường dây;

m và C_p được lấy từ thông số kỹ thuật của cáp;

q_s và q_r được tính bằng thuật toán từ những số liệu thực tế;

dT_c/dt : tỉ lệ thay đổi của T_c theo thời gian;

$$q_{c1} = \left[1.01 + 0.0372 \left(\frac{Dp_f V_w}{\mu_f} \right)^{0.52} \right] k_f K_{\text{angle}} (T_c - T_2)$$

$$q_{c2} = \left[0.0119 \left(\frac{Dp_f V_w}{\mu_f} \right)^{0.6} \right] k_f K_{\text{angle}} (T_c - T_2) \quad (3)$$

Trong đó:

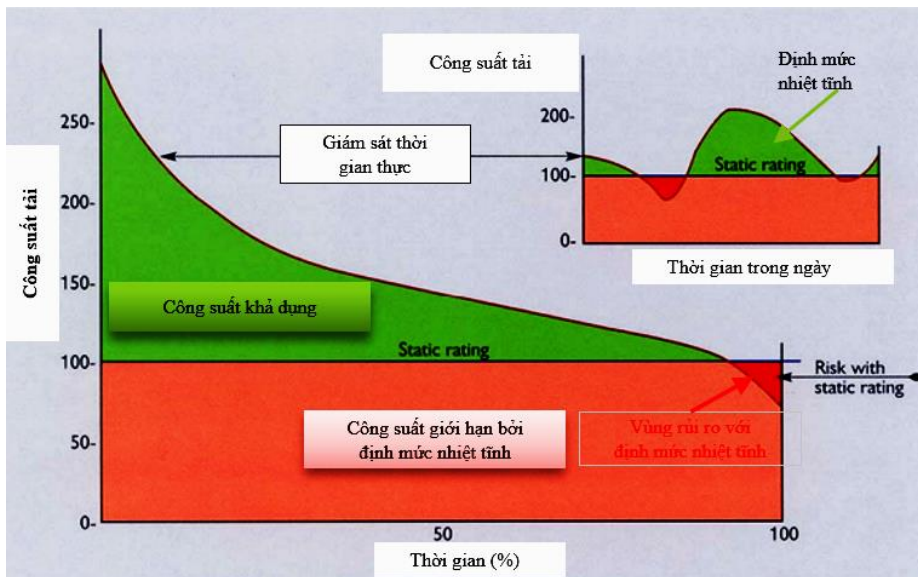
- q_{c1} được dùng khi gió yếu nhưng sai khi vận tốc gió cao;
- q_{c2} được dùng khi gió mạnh nhưng sai khi vận tốc gió thấp.

Ở trạng thái ổn định, cụm hàm số trong phương trình cân bằng nhiệt (1) bằng 0, kết quả là phương trình (3) được viết lại để tính dòng định mức:

$$I = \sqrt{\frac{q_c + q_r - q_s}{R(T_c)}} \quad (4)$$

Phương trình (4) mô tả dòng điện khi ở trạng thái nhiệt độ ổn định tại T_c cụ thể và điều kiện môi trường cố định. Bằng cách thay thế nhiệt độ dây tối đa cho phép, dòng điện định mức có thể được tính ra.

Với tính toán công suất động của ĐDK, chúng ta có thể tăng khả năng tải (công suất tải) của đường dây đáng kể tại một số thời điểm cần thiết. Các con số thống kê qua sử dụng hệ thống tại một số công ty điện lực hoặc Công ty truyền tải điện, khả năng tải của ĐDK có thể tăng tới 20%.



Hình 2. Đường cong theo thời gian của công suất tải/Ampacity là định mức nhiệt động theo thời gian thực so với đường thẳng của định mức nhiệt tĩnh

Việc sử dụng định mức nhiệt động cho phép giảm nguy cơ có thể phát sinh trong định mức nhiệt tĩnh và tăng đáng kể công suất tải của đường dây (phần xanh lá cây so với phần da cam của định mức nhiệt tĩnh).

3. GIẢI PHÁP HỆ THỐNG THIẾT BỊ GIÁM SÁT NHIỆT ĐỘNG (DLR) LƯỚI TRUYỀN TẢI ĐIỆN QUỐC GIA EVNNPT

3.1. Các giải pháp thiết kế và lựa chọn hệ thống DLR cho lưới truyền tải quốc gia

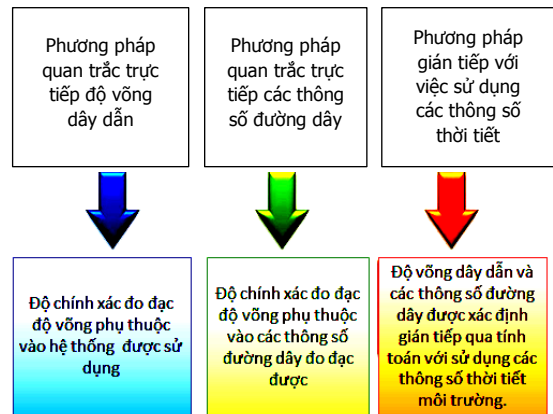
Việc tính toán công suất động của tuyến

ĐDK (tức xác định dòng I_{max} tức thời của dây dẫn) đòi hỏi một số thông tin theo thời gian thực như: tốc độ gió thời gian thực, hướng gió, tốc độ bức xạ mặt trời, nhiệt độ môi trường, nhiệt độ và dòng trong dây dẫn [3]. Do đó, hệ thống DLR cần phải xác định được tất cả các thông số này. Đồng thời, phép đo phải đáp ứng các yêu cầu về độ nhạy, độ chính xác. Hiện tại, trên thị trường đã có một số hệ thống DLR khác nhau có thể được sử dụng để theo dõi tình trạng của ĐDK với 2 phương pháp đánh giá giám sát nhiệt động là phương pháp trực tiếp và phương pháp gián tiếp.

Hai phương pháp này phụ thuộc vào nguồn thông số thu nhận được: một số quan điểm chỉ coi các phương pháp xác định độ võng dây dẫn trong khoảng vượt là trực tiếp, trong khi hầu hết các quan điểm khác coi tất cả các phương pháp quan trắc các đặc tính của ĐDK là trực tiếp. Các phương thức giám sát DLR ở đây được chia thành ba loại (xem hình 3): i) Phương pháp quan trắc trực tiếp độ võng dây dẫn, trong đó độ chính xác đo đặc độ võng phụ thuộc chỉ vào hệ thống quan trắc. ii) Phương pháp quan trắc trực tiếp các thông số đường dây, trong đó độ chính xác xác định độ võng phụ thuộc vào các thông số đường dây đo đạc được. iii) Phương pháp gián tiếp với việc sử dụng các thông số thời tiết trong đó độ võng dây dẫn và các thông số đường dây được xác định gián tiếp qua tính toán với sử dụng các thông số thời tiết môi trường.

Như vậy, có thể thấy rằng các phương pháp gián tiếp dựa vào phương pháp xác

định nhiệt độ và độ võng dây dẫn của đường dây truyền tải trên cơ sở mô hình hóa và tính toán lý thuyết với các thông số thời tiết đầu vào có thể có độ không đảm bảo đo cao hơn so với phương pháp trực tiếp. Phương pháp này chủ yếu thích hợp với công tác nghiên cứu khoa học công nghệ và giảng dạy tại các cơ sở nghiên cứu và các trường đại học kỹ thuật.



Hình 3. Phân chia các phương pháp DLR

Phương pháp trực tiếp có nhiều cách tiếp cận đa dạng trong việc quan trắc xác định các thông số đường dây liên quan trực tiếp tới độ võng dây dẫn là thông số quan trọng nhất để đánh giá công suất tải động của tuyến đường dây truyền tải. Phương pháp này hiện nay đã được triển khai ứng dụng tại nhiều công ty truyền tải điện trên thế giới [9].

Các phương pháp trực tiếp dựa trên việc theo dõi và quan sát các thông số, độ võng (hoặc nhiệt độ đường dây) bằng các cảm biến lắp đặt ngay trên dây dẫn. Tùy thuộc vào nguyên lý các loại cảm biến, độ võng dây dẫn trong khoảng vượt ĐDK có thể được tính toán căn cứ theo độ căng cơ học của dây dẫn trong khoảng vượt, độ dao

động của góc nghiêng, tần số rung hoặc nhiệt độ dây dẫn.

Trên cơ sở các phân tích đã nêu, nhóm nghiên cứu lựa chọn phương pháp giám sát nhiệt động (đánh giá tải động ĐDK) theo kiểu trực tiếp cho Hệ thống DLR lắp đặt trên lưới điện truyền tải EVNNPT. Hệ thống này về cơ bản sẽ bao gồm các thành phần sau (hình 4):

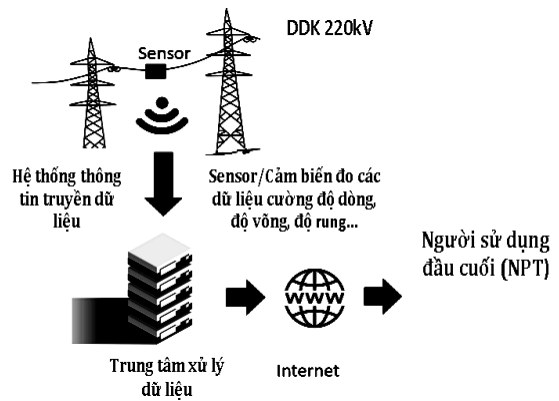
1. Các cảm biến/sensor lắp trên dây dẫn. Tùy thuộc vào công nghệ của từng hãng cung cấp hệ thống mà các cảm biến này sẽ quan trắc các thông số về nhiệt độ lõi dây dẫn, cường độ dòng điện, độ võng, độ rung, độ nghiêng dây dẫn, khoảng cách từ dây dẫn tới mặt đất... từ đó xác định độ võng dây dẫn và tính toán công suất động theo thời gian thực của tuyến ĐDK. Các cảm biến này sử dụng nguồn nuôi là dòng điện trên dây dẫn qua hiện tượng cảm ứng.

2. Phần tử/môđun truyền dữ liệu từ cảm biến về trung tâm xử lý dữ liệu. Môđun này có thể sử dụng 2 phương pháp truyền dữ liệu: đường truyền qua vệ tinh hoặc đường truyền dùng công nghệ GSM/GPRS (3G, 4G, 5G).

3. Trung tâm xử lý dữ liệu thô thu được từ các cảm biến lắp trên dây dẫn. Trung tâm này có thể được đặt tại các nhà cung cấp thiết bị DLR và cung cấp dịch vụ khai thác hoặc có thể được đặt một cách độc lập, ví dụ tại EVNNPT là chủ hệ thống DLR. Trung tâm này sẽ bao gồm máy chủ, có thể bao gồm cả các máy tính chức năng phục vụ công tác lưu trữ dữ liệu,

tính toán, xử lý, phân tích khai thác các số liệu phục vụ công tác vận hành của EVNNPT. Trung tâm xử lý dữ liệu này có thể sử dụng dịch vụ cung cấp các thông số thời tiết từ các trung tâm khí tượng thủy văn hoặc trung tâm sẽ có môđun thu thập số liệu thời tiết lắp đặt tại hiện trường (là phần tử của hệ thống DLR).

4. Hệ thống máy tính, các phần mềm giao diện liên quan lắp đặt tại cơ quan chủ hệ thống DLR tại từng vị trí cụ thể.



Hình 4. Sơ đồ khối của hệ thống DLR

3.2. Cơ sở tính toán lựa chọn vị trí lắp đặt hệ thống DLR

Nhóm tác giả đã khảo sát, phân tích và tính toán dựa trên các số liệu của EVNNPT cung cấp. Đã lựa chọn ĐDK lắp thử nghiệm thiết bị DLR là tuyến đường dây 220 kV Vân Trì - Chèm với lý do:

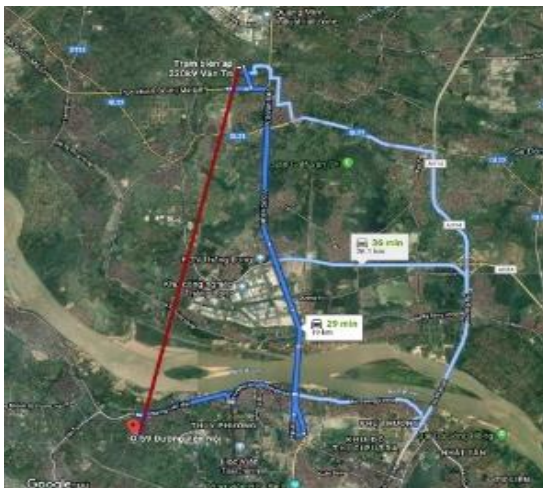
Đường dây 220 kV không quá dài (17 km) với khả năng lắp đặt có tính khả thi cao (có thể cắt điện phục vụ việc lắp đặt, hiện đang vận hành tại mức độ tương đối đầy tải (từ 70% trở lên). [1]

Bảng 1. Thông số vận hành của đường dây 274 Chèm – 272 Vân Trì

Chiều dài (km)	Số cột	Tiết diện	Vật liệu	Số dây dẫn	Lực phá hỏng
17,008	58	500/64	ACSR	1	120,190
I_{dm}	I_{max} (A)	% tải lớn nhất	I_{max} (A)		
940	794	75	523		

Địa hình không quá phức tạp sẽ giảm tối đa số lượng cảm biến lắp trên đường dây và không gây khó khăn cho việc lắp đặt, vận hành dễ dàng và hiệu quả, chỉ cần 03 bộ cảm biến/sensor lắp tại 2 khoảng vượt đầu và cuối ĐDK và 1 khoảng vượt khu vực giữa ĐDK.

Đường dây nằm tại khu vực miền Bắc Việt Nam là khu vực có thời tiết đa dạng 4 mùa với biên độ dao động nhiệt độ và giao động tốc độ gió trong năm lớn sẽ tạo điều kiện cho quan sát và đánh giá các giá trị tải động đường dây và ảnh hưởng của các thông số thời tiết lên công suất tải theo thời gian thực của đường dây. [3].



Hình 5. Sơ đồ tuyến đường dây 274 Vân Trì – 272 Chèm (ảnh chụp vệ tinh)

4. PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ BAN ĐẦU HỆ THỐNG DLR VẬN HÀNH TRÊN LƯỚI ĐIỆN TRUYỀN TẢI QUỐC GIA

Hệ thống DLR của EVNNPT được triển khai vận hành thử nghiệm với 3 cảm biến lắp đặt trên tuyến đường dây 220 kV Chèm - Vân Trì dài 17 km thuộc địa phận quản lý của Công ty Truyền tải điện 1 (PTC1) từ tháng 1 năm 2022; Viện Năng lượng - Bộ Công Thương là đơn vị tư vấn thiết kế. Hệ thống bao gồm cảm biến lắp trên ĐDK, tín hiệu từ cảm biến được truyền qua sóng GSM 4G về máy chủ với các phần mềm xử lý dữ liệu được đặt tại phòng máy Ban Viễn thông và Công nghệ thông tin EVNNPT, các máy trạm (người dùng đầu cuối) sẽ kết nối với máy chủ qua mạng internet.

Hệ thống DLR của EVNNPT sử dụng công nghệ, thiết bị và phần mềm của hãng Ampacimon (Vương quốc Bỉ) với bộ phận cảm biến làm việc trên nguyên tắc phân tích liên tục các rung động 3D của dây dẫn ĐDK bằng gia tốc kế/accelerometers. Trên cơ sở đó, dữ liệu theo thời gian thực về độ võng dây dẫn được truy xuất thẳng từ phổ tần số rung động dây dẫn. Nguyên lý này có đặc điểm ở chỗ độ võng dây dẫn ĐDK được tính toán trực tiếp và đơn giản từ mối liên quan cơ bản giữa tần số rung dây dẫn với độ võng mà không cần sử dụng tới các thông số khác như yếu tố địa hình, thông số dây dẫn, thông số dòng điện trên ĐDK trong khi vẫn đảm bảo độ tin cậy số liệu và đơn giản, an toàn trong vận hành. Một khi độ võng đã được xác định, phần mềm

Ampacimon sẽ tính toán dòng cực đại cho phép theo thời gian thực của tuyến đường dây với việc sử dụng mô hình nhiệt theo CIGRE/IEEE 738:2006 để đánh giá/rating mức tải động - là hàm số của phụ tải ĐDK, các thông số dây dẫn, nhiệt độ dây dẫn và các thông số môi trường xung quanh dây dẫn (được truy xuất từ vệ tinh khí tượng thông qua phần mềm của hãng).



Hình 6. Cảm biến Ampacimon ADR

Với việc tính toán được dòng tải cực đại cho phép theo thời gian thực, hệ thống DLR cho phép bộ phận điều độ cũng như vận hành lưới theo dõi tình trạng độ võng dây dẫn (hành lang an toàn) và dự báo tức

thời cũng như dự báo ngắn, dự báo dài công suất tải của tuyến ĐDK để điều độ lưới hiệu quả hơn.

Về khả năng dự báo ngắn hạn, hệ thống có thể:

Tính toán dòng tải động dự báo trong khoảng thời gian 4h, đảm bảo không vượt quá dòng tải động thời gian thực;

Cung cấp cho bộ phận điều độ thông tin dự báo, đáng tin cậy để đưa trực tiếp vào mô phỏng luồng N-1;

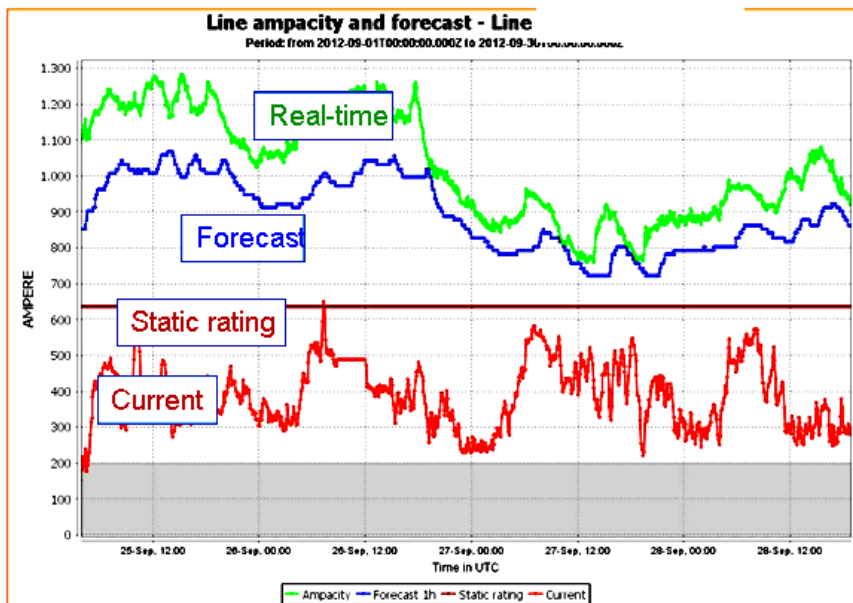
Được sử dụng cho việc quản lý tắc nghẽn trước giờ, hoạt động trong ngày.

Về khả năng dự báo dài cho những ngày tiếp theo, hệ thống có thể:

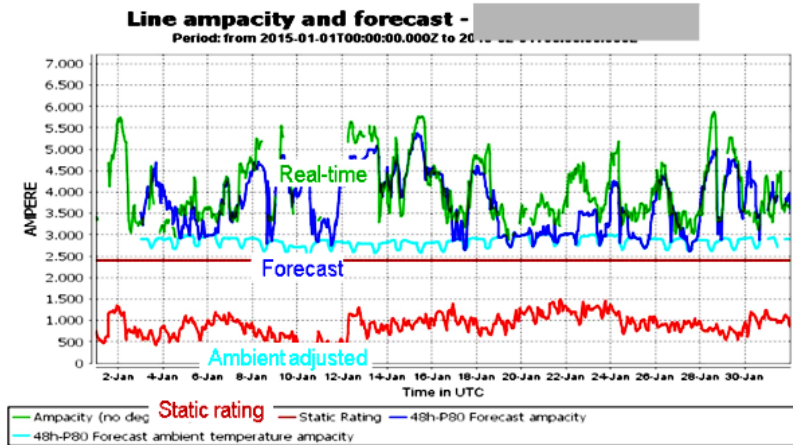
Dự báo trước tới 60h;

Sử dụng các thông số về thời tiết, thông số trong lịch sử để tính toán;

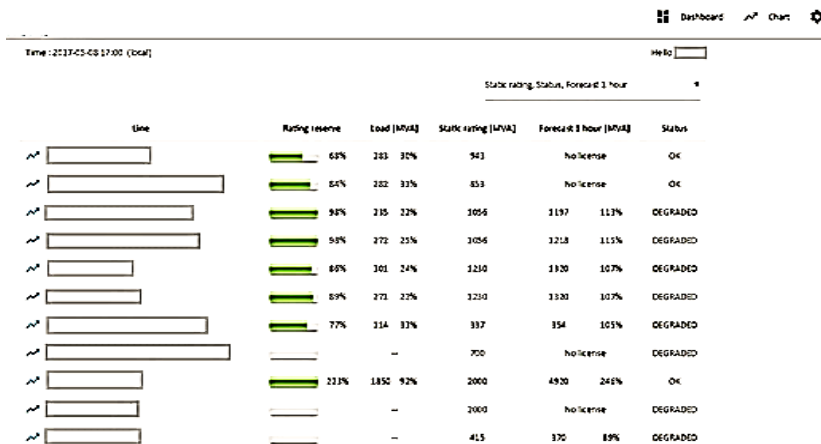
Được sử dụng cho kế hoạch điều độ theo ngày tiếp theo.



Hình 7. Dự báo tải động trong thời gian ngắn



Hình 8. Dự báo tải động trong thời gian dài



Hình 9. Màn hình tổng quan (Dashboard)

Trang Dashboard mặc định sẽ hiển thị mục Biểu đồ, Bản đồ, Chỉ số dự trữ và Dòng tải của mỗi đường dây.

Chỉ số dự trữ (Rating reserve) thể hiện khả năng còn có thể đáp ứng tải của đường dây. Khi chỉ số này xuống dưới 50% sẽ chuyển màu cam và dưới 20% sẽ chuyển màu đỏ.

Tải (Load) thể hiện Dòng tải của đường dây.

Chỉ số tĩnh (Static rating) là mức giới hạn do người dung thiết lập.

Chỉ số thời gian thực và dự báo:

Chỉ số thời gian thực được tính toán dựa

trên dòng điện.

Các chỉ số dự báo được tính toán dựa trên dự báo thời tiết và trạng thái hiện tại của đường dây.

Chỉ số thời gian thực và chỉ số dự báo luôn được tổng hợp cùng thông tin về trạng thái:

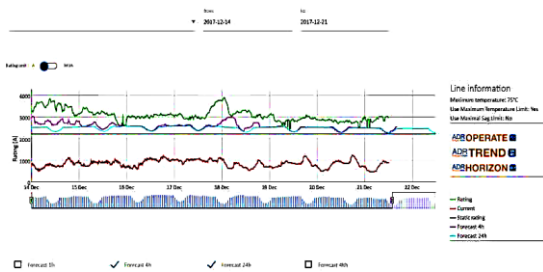
+ Status OK: Các cảm biến và giao tiếp đều tốt, và dữ liệu được tính toán chính xác

+ Status AAR: Nếu đường dây không có đủ dữ liệu (không đủ điện hoặc mất kết nối), chỉ số được tính dựa trên nhiệt độ môi trường, bức xạ mặt trời mặc định và

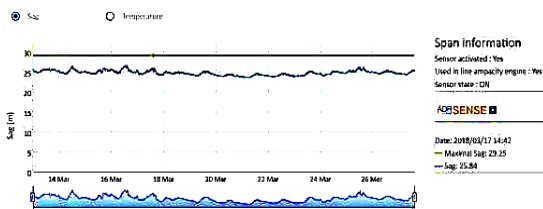
tốc độ gió có thể định cấu hình (theo mặc định là 0,5m /s)

Biểu đồ (Chart): Có 2 loại biểu đồ: thể hiện chỉ số đường dây và thể hiện nhiệt độ, độ võng.

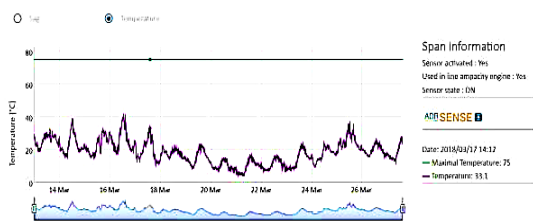
Ở chế độ mặc định, tùy thuộc vào License, sẽ xem được giá trị dòng điện, chỉ số thời gian thực, chỉ số tĩnh ở biểu đồ thứ nhất, độ võng và nhiệt độ dây dẫn ở biểu đồ thứ hai.



Hình 10. Biểu đồ chỉ số đường dây



Hình 11. Biểu đồ độ võng



Hình 12. Biểu đồ nhiệt độ



Hình 13. Biểu đồ thay đổi góc quay

Hiện tại, hệ thống DLR Ampacimon mới vận hành trên tuyến ĐDK 220kV Vân Trì - Chèm trong một thời gian ngắn nên chưa quan sát được hiệu quả rõ rệt mà hệ thống dự kiến mang lại. Tuy nhiên, với mục tiêu của dự án là triển khai thử nghiệm trên một tuyến ĐDK ngắn để làm chủ công nghệ, vận hành và làm chủ phương pháp đánh giá công suất tải động của đường dây tải điện, trợ giúp công tác điều độ lưới điện và an toàn vận hành thì một số kết quả ban đầu mà hệ thống mang lại là khả quan.

Thứ nhất, trong năm 2022, vào các tháng 7 và 8 tuyến ĐDK 220kV Vân Trì – Chèm có thể tăng công suất tải tới 20%. Các số liệu tính toán cho thấy: công suất tải P_{max} trung bình của tuyến qua các năm được xác định bằng 262 MW, như vậy sản lượng điện truyền tải tăng thêm được trong 1 năm của ĐDK 220kV Vân Trì – Chèm [1] (chỉ tính cho 2 tháng 7 và 8 hàng năm với mỗi ngày có 12 giờ cao điểm cần tăng công suất tải) sẽ là:

$$S = (P_{max}) \times 20\% \times 12 \text{ giờ} \times 60 \text{ ngày} = 37.728.000 \text{ kWh.}$$

Thứ hai, các số liệu cũng cho thấy với dòng cực đại khi tăng công suất tải, đường dây vẫn đảm bảo vận hành an toàn với chế độ nhiệt của dây dẫn; đảm bảo hành lang an toàn với độ võng của dây dẫn vẫn nằm trong giới hạn cho phép.

Xác định lượng công suất truyền tải tăng thêm được hàng năm của tuyến ĐDK 220kV Chèm – Vân Trì

Hiện tại, hệ thống DLR Ampacimon mới vận hành trên tuyến ĐDK 220 kV Vân Trì

- Chèm trong một thời gian ngắn nên chưa quan sát được hiệu quả rõ rệt mà hệ thống dự kiến mang lại. Tuy nhiên, với mục tiêu của dự án là triển khai thử nghiệm trên một tuyến ĐDK ngắn để làm chủ công nghệ, vận hành và làm chủ phương pháp đánh giá công suất tải động của đường dây tải điện, trợ giúp công tác điều độ lưới điện và an toàn vận hành thì một số kết quả ban đầu mà hệ thống mang lại là khả quan.

Thứ nhất, trong năm 2022, vào các tháng 7 và 8 tuyến ĐDK 220kV Vân Trì – Chèm có thể tăng công suất tải tới 20%.

Thứ hai, các số liệu cũng cho thấy với dòng cực đại khi tăng công suất tải, đường dây vẫn đảm bảo vận hành an toàn với chế độ nhiệt của dây dẫn; đảm bảo hành lang an toàn với độ võng của dây dẫn vẫn nằm trong giới hạn cho phép.

Xác định doanh thu hàng năm có được của tuyến ĐDK 220kV Chèm – Vân Trì từ việc tăng thêm được công suất truyền tải

Công suất tải P_{max} trung bình của tuyến qua các năm được xác định bằng 262 MW, như vậy sản lượng điện truyền tải tăng thêm được trong 1 năm của ĐDK 220 kV Chèm – Vân Trì (chỉ tính cho 2 tháng 7 và 8 hàng năm với mỗi ngày có 12 giờ cao điểm cần tăng công suất tải) sẽ là:

$$S = (P_{max}) \times 10\% \times 12 \text{ giờ} \times 60 \text{ ngày} = (262.000 \times 10\%) \times 12 \text{ giờ} \times 60 \text{ ngày} = 18.864.000 \text{ kWh}$$

Từ đó, xác định: Doanh thu = Phí truyền tải điện năng \times Lượng điện năng kWh tăng thêm từ việc tăng thêm công suất truyền tải do vận hành Hệ thống DRL.

$$\text{Doanh thu hàng năm} = 101,3 \text{ đồng} \times 18.864.000 \text{ kWh} = 1.910.923.200 \text{ đồng.}$$

Trong khi đó vốn đầu tư của dự án là 9.748.000.000 đồng và vòng đời dự án là 20 năm.

5. KẾT LUẬN

Hệ thống giám sát nhiệt động đường dây (DLR) Ampacimon với 03 bộ cảm biến được lắp đặt, hiệu chỉnh và vận hành tại EVNNPT từ tháng 1 năm 2022. Hệ thống bước đầu cho thấy khả năng hoạt động hiệu quả trên lưới điện truyền tải. Cụ thể như sau:

Thứ nhất, EVNNPT có cơ hội vận hành một hệ thống có tác dụng nâng cao hiệu quả truyền tải công suất điện năng, nâng cao độ an toàn và độ tin cậy hệ thống, giảm các sự cố do quá tải đường dây tải điện và trạm biến áp.

Thứ hai, EVNNPT cũng sẽ có lực lượng cán bộ có trình độ chuyên sâu, có các chuyên gia đầu ngành trong lĩnh vực phân tích, xử lý số liệu, dự báo công suất truyền tải theo thời gian thực của hệ thống truyền tải điện nhằm nâng cao hiệu quả truyền tải công suất điện năng, nâng cao độ an toàn và độ tin cậy hệ thống, giảm các sự cố do quá tải.

Thứ ba, với hệ thống DLR, đơn vị vận hành sẽ biết được kịp thời, chính xác về tình trạng vận hành của đường dây trong môi trường thực tế. Đơn vị điều độ hệ thống điện sẽ có thêm số liệu để tính toán các phương thức vận hành tối ưu và nâng cao độ tin cậy vận hành cũng như cung cấp điện. Từ đó vừa trực tiếp, vừa gián tiếp nâng cao khả năng tải của đường dây. Đơn vị quản lý đầu tư xây dựng sẽ có cơ sở phân kỳ các giai đoạn đầu tư cải tạo, nâng công suất trạm biến áp và đường dây với độ dự trữ công suất cao, góp phần làm giảm thời gian cắt điện, giảm tổn thất lưới điện truyền tải, nâng công suất tải theo

thời gian thực, gián tiếp nâng cao lợi nhuận của EVNNPT. Hệ thống này còn cho phép Trung tâm Điều độ Quốc gia, điều độ EVNNPT dự báo tức thời và dự báo trước tới 10 ngày khả năng tải của các tuyến đường dây, từ đó có thể xây dựng các phương thức truyền tải hiệu quả hơn, nhất là trong tương lai khi các nguồn phát gián đoạn như điện gió, điện mặt trời ngày càng nhiều.

Thứ tư, với hệ thống DLR vận hành trên lưới điện truyền tải của EVNNPT, việc phối kết hợp và cộng tác với các cơ quan khí tượng, các công ty cung cấp dịch vụ

giám sát nhiệt độ đường dây ở khu vực và trên thế giới sẽ được mở rộng góp phần nâng cao vị thế của EVNNPT, phục vụ đắc lực cho mục tiêu chiến lược của EVNNPT là vươn lên thành tổ chức hàng đầu khu vực.

Bài báo này là kết quả nghiên cứu của đề tài KHCN cấp Bộ Công Thương: “Nghiên cứu phân tích đánh giá và tính toán vị trí lắp đặt thiết bị giám sát nhiệt độ đường dây nhằm tăng hiệu quả vận hành của đường dây truyền tải điện” đã được nhóm tác giả này thực hiện trong 2 năm từ 4/2021 đến 4/2023.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Thống kê các thông số mang tải của các xuất tuyến TBA 220kV và 500kV của năm 2018 và 2019 (Nguồn : EVNNPT 2020).
- [2] CIGRE, "Guide for Application of Direct Real-Time Monitoring Systems". TB 485.
- [3] CIGRE, "Increasing Capacity of Overhead Transmission Lines: Needs and Solutions," ed, 2010.
- [4] CIGRE, "Guide for Selection of Weather Parameters for Bare Overhead Conductor Ratings", CIGRE, 2006.
- [5] IEEE, "IEEE Standard for Calculation of Bare Overhead Conductor Temperature and Ampacity Under Steady-State Conditions," in ANSI/IEEE Std 738-1993, ed, 2006.
- [6] Maximising power line transmission capability by employing dynamic line ratings – technical survey and applicability in Finland. Sanna Uski-Joutsenvuo, Riku Pasonen, research report VTT, Finland 2012.
- [7] Dynamic Line Rating for overhead lines – V6; ENTSOE current practice, 30 March 2015.
- [8] Evaluation of Instrumentation and Dynamic Thermal Ratings for Overhead Lines, electric power research institute, Final Report, October 11, 2013.
- [9] K.Kopsidas, "Modelling Thermal Rating of Arbitrary Overhead Line Systems," The University of Manchester, 2009.

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Vũ Thanh Hải tốt nghiệp đại học tại Trường Đại học Bách khoa Kharkiv (Liên Xô) năm 1987, nhận bằng Thạc sĩ ngành kỹ thuật điện tại Trường Đại học Khoa học Kỹ thuật Toyohashi (Nhật Bản) năm 1999.

Lĩnh vực nghiên cứu: kỹ thuật điện cao áp và các hiệu ứng điện trường cao, vật liệu điện, thiết bị điện, lưới điện truyền tải và phân phối.



Tác giả Lê Việt Cường tốt nghiệp đại học ngành hệ thống điện tại Đại học Bách khoa Hà Nội năm 2005, nhận bằng Thạc sĩ ngành kỹ thuật hệ thống điện tại Đại học Northumbria University, Vương quốc Anh năm 2007. Hiện nay tác giả công tác tại Viện Năng lượng, Bộ Công Thương.

Lĩnh vực nghiên cứu: chất lượng điện năng, điều khiển hệ thống điện, tích hợp các nguồn điện phân tán trong hệ thống điện.



Tác giả Nguyễn Hữu Kiên tốt nghiệp đại học năm 1993; nhận bằng Thạc sĩ ngành hệ thống điện năm 2004, bằng Tiến sĩ ngành kỹ thuật điện năm 2011 tại Đại học Bách khoa Hà Nội.

Lĩnh vực nghiên cứu: kỹ thuật điện cao áp và vật liệu cách điện; Hệ thống điện, thử nghiệm – hiệu chuẩn các thiết bị điện cao áp và siêu cao áp.



Tác giả Phạm Hùng tốt nghiệp đại học tại Đại học Bách khoa Hà Nội năm 2005, nhận bằng Thạc sĩ ngành thiết bị điện năm 2012.

Lĩnh vực nghiên cứu: kỹ thuật điện cao áp và vật liệu cách điện, thử nghiệm – hiệu chuẩn các thiết bị điện cao áp và siêu cao áp.



Tác giả Trương Khánh Điệp tốt nghiệp đại học năm 2005, nhận bằng Thạc sĩ năm 2013 ngành kỹ thuật điện tại Đại học Bách khoa Hà Nội.

Lĩnh vực nghiên cứu: hoạt động tiêu chuẩn hóa kỹ thuật điện, hoạt động đánh giá sự phù hợp các thiết bị điện và hệ thống điện, năng lượng điện tái tạo.



Tác giả Mai Văn Tài tốt nghiệp đại học tại Trường Đại học Điện lực năm 2020.

Lĩnh vực nghiên cứu: kỹ thuật điện cao áp và vật liệu cách điện, hệ thống điện, thử nghiệm – hiệu chuẩn các thiết bị điện cao áp và siêu cao áp.



Tác giả Nguyễn Đức Hạnh tốt nghiệp đại học ngành hệ thống điện năm 1996; nhận bằng Thạc sĩ ngành kỹ thuật điện năm 2006 và bằng Tiến sĩ năm ngành kỹ thuật điện 2012 tại Đại học Bách khoa Hà Nội.

Lĩnh vực nghiên cứu: quy hoạch lưới điện, lưới điện thông minh, chất lượng điện năng, năng lượng tái tạo.



Tác giả Ngô Minh Thành tốt nghiệp đại học năm 2013; nhận bằng Thạc sĩ ngành hệ thống điện năm 2017 tại Đại học Bách khoa Hà Nội.

Lĩnh vực nghiên cứu: kỹ thuật điện cao áp và vật liệu cách điện.