

# PHÂN TÍCH ĐÁNH GIÁ GIẢI PHÁP NHIỆT ĐỘNG ĐƯỜNG DÂY DDK 220 kV

## DYNAMIC RATING ANALYSIS OF OVERHEAD TRANSMISSION LINE OHL 220 kV

Nguyễn Xuân Trường<sup>1\*</sup>, Trịnh Trung Hiếu<sup>2</sup>, Nguyễn Tiến Đạt<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>2</sup>Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng

<sup>3</sup>Học viên Thạc Sĩ, Đại học Paris Saclay

\*Tác giả liên hệ: nguyen-xuan.truong@usth.edu.vn

(Nhận bài: 06/12/2021; Chấp nhận đăng: 28/2/2022)

**Tóm tắt** - Vận hành đường dây trên không (DDK) sử dụng định mức nhiệt tĩnh là phương pháp dựa trên giá trị mang tải tối đa của dây dẫn trong điều kiện nhiệt độ tới hạn được xác định trước. Do đó, khả năng mang tải của DDK với điều kiện cố định thời tiết này thực tế không khai thác hết khả năng tải của DDK. Phân tích định mức nhiệt động (DLR) thể hiện động cực đại cho phép mang tải theo thời gian thực DDK, đảm bảo an toàn, hiệu quả kinh tế đáp ứng vận hành lưới hiện hữu khi sự tắc nghẽn và tích hợp nguồn điện tái tạo tăng. Nghiên cứu áp dụng DLR là cách thức xác định giá trị gia tăng định mức tải động áp dụng cho DDK 220 kV - Việt Nam với tham số: Thời tiết, thông số DDK. Giá trị DLR so sánh với định mức tĩnh được thảo luận. Kết quả thấy, tính toán tải động cho phép tăng đáng kể định mức tải đường dây DDK, phương pháp này nên được áp dụng rộng rãi đối với khu vực có nghẽn lưới, đồng thời nguồn gió cao.

**Từ khóa** - Định mức nhiệt động; Định mức tải nhiệt tĩnh (SLR); Nghẽn lưới; đường dây trên không (DDK); nguồn điện gió

### 1. Đặt vấn đề

Hệ thống điện tại nhiều quốc gia, một trong những thách thức chính là nguồn năng lượng tái tạo (RES) tăng trưởng nóng, nghẽn lưới cao đối với hệ thống truyền tải, kéo theo yêu cầu nâng cấp lưới điện đồng thời phải đảm bảo vận hành an toàn, ổn định và chất lượng cung cấp điện. Việc xây dựng các tuyến mới là quá trình kéo dài, đầu tư lớn, sử dụng nhiều quỹ đất và các tác động môi trường [1]. Do đó, cần phải đưa ra cách tiếp cận mới vừa tăng hiệu quả khai thác hệ thống hiện hữu an toàn, cung cấp khả năng tải cần thiết kịp thời và hiệu quả về mặt kinh tế song song với việc mở rộng nâng cấp hệ thống truyền tải. Tham số giới hạn khả năng truyền tải của DDK là dòng điện tải tối đa cho phép, dựa trên hai tiêu chí chính: Nhiệt độ dây dẫn tới hạn và độ võng lớn nhất của dây [2]. Khả năng tải của DDK được xác định bằng cách sử dụng "định mức tải nhiệt tĩnh" (SLR) đánh giá chế độ nhiệt của DDK với điều kiện thời tiết tới hạn trong một khoảng thời gian dài. Là dòng tải vận hành tối đa thấp nhất cố định cho DDK. Thông thường, tốc độ gió thấp (0,6 m/s), bức xạ mặt trời cao (1000 W/m<sup>2</sup>) và nhiệt độ môi trường cao (40°C) được giả sử để xác định SLR [3]. Tuy nhiên, khả năng mang tải của DDK tăng lên khi tốc độ gió tăng, do khả năng làm mát. Đánh giá chế độ nhiệt động "DLR" là giải pháp mới được sử dụng để xác định giá trị thực tế về khả năng truyền tải của DDK hiện

**Abstract** - Operating an overhead transmission line (OHL) use a static line rating method to ensure the grid operating under a pre-defined limit temperature of the conductors. This method assesses the maximal power capacity of each OHL using conservative constant weather conditions that usually underestimate the real capacity of lines. Dynamic line rating (DLR) analysis represent a safe and cost-efficient way to deal with existing congested grid and allow further integration of future renewable generation. Our work applies a DLR tool to identify the power lines' additional capacity obtained for a Vietnam's 220 kV's line with distinct conditions: Weather data, line topography. The capacity values obtained are presented, and a comparison with the traditional values obtained from the static methodology used by the Vietnam's system operator is discussed. The results show that the dynamic approach enables significant gains in the overhead line rating for a case study and it can be extended to regions with congested network and high wind resource.

**Key words** - Dynamic line rating; Static line rating (SLR); Congestion; overhead transmission line (OHL); wind resource

hữu [4]. Khi lập kế hoạch tích hợp điện gió, nếu các giới hạn dòng động được xem xét thay vì các giới hạn tĩnh, khả năng mang tải DDK dự báo sẽ tăng lên [2, 4]. Nhiều dự án thử nghiệm đã được triển khai tại Mỹ, Châu Âu cho thấy, kỹ thuật vận hành theo nhiệt động thực tế DLR cao hơn đánh giá theo SLR khoảng 20-40% trong 95% thời gian vận hành của hệ thống điện, như ví dụ trên Hình 1.a phần 2.1 [5, 6]. Do đó, tiềm năng của việc sử dụng giải pháp DLR giúp tăng khả năng mang tải của DDK và đảm bảo độ tin cậy của hệ thống điện là rất lớn. Phương pháp này dựa trên sự phát triển của các mô hình số như IEEE 738 [7], CIGRÉ [8], đã được áp dụng thành công cho các vùng địa lý khác nhau. Hiện nay, hai cách tiếp cận áp dụng công nghệ DLR: (i) Giám sát trực tiếp các thông số vật lý của dây dẫn (nhiệt độ và độ võng), và (ii) giám sát gián tiếp thông qua các thông số môi trường khu vực đường dây (tốc độ và hướng gió) tác động trực tiếp tính DLR [9]. Cách tiếp cận trực tiếp cho độ chính xác cao hơn so với cách tiếp cận gián tiếp. Nhiều nghiên cứu và phát triển công nghệ DLR (hệ thống giám sát, phương pháp dự báo và tính toán) đã được triển khai để tạo điều kiện cho các nhà vận hành lưới điện đưa ra các quyết định về quy hoạch và sử dụng tối đa công suất DDK [10]. Tuy nhiên, một thách thức chính là xác định được lợi ích tiềm năng của DLR đối với các công trình điện thực tế trên diện rộng, cần thiết triển khai nhiều

<sup>1</sup> University of Science and Technology of Hanoi – Vietnam Academy of Science and Technology (Nguyen Xuan Truong)

<sup>2</sup> The University of Danang – University of Science and Technology (Trinh Trung Hiếu)

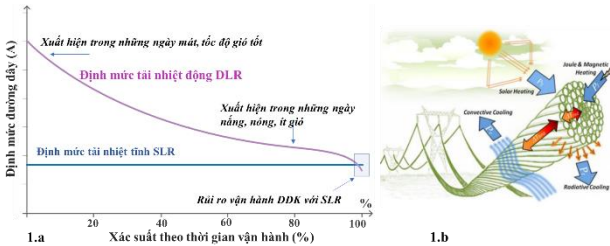
<sup>3</sup> University of Évry Val d'Essonne – Paris-Saclay University (Nguyen Tien Dat)

dự án thí điểm, đo đạc nguồn dữ liệu lớn để minh chứng lợi ích giải pháp DLR. Đây được xem là một trong những công nghệ tiềm năng cho giải pháp lưới điện thông minh nhằm khai thác triệt để khả năng tải DDK với hiệu quả kỹ thuật, chi phí và dự án triển khai thí điểm trên tuyến đường dây truyền tải, phân phối lưới điện Việt Nam [11].

Nhằm đánh giá lợi ích và phân tích tải nhiệt động, nhóm tác giả đề cập trong nghiên cứu này phương pháp gián tiếp tính toán lý thuyết DLR dựa trên hai mô hình cân bằng nhiệt: IEEE và CIGRÉ., áp dụng phương pháp như là công cụ tính toán và phân tích đối với tuyến đường dây DDK 220 kV khảo sát, các kỹ năng liên quan đến lập trình, phân tích và xử lý dữ liệu. Nghiên cứu sẽ cho thấy, tính khả thi của việc áp dụng công nghệ DLR trên các tuyến DDK mang tải lớn, thường xuyên vận hành mức tải cao và có khả năng bị quá tải ở Việt Nam trong thời gian tới, đặc biệt ở những khu vực có tiềm năng tốc độ gió cao.

**2. Phương pháp nghiên cứu**

**2.1. Phương pháp xác định mức nhiệt trên đường dây**



**Hình 1. a) So sánh vận hành đường dây DDK theo SLR và DLR; b) Sơ đồ trao đổi nhiệt của đường dây DDK**

Nguyên lý tính toán công suất động (định mức tải động) theo thời gian thực vận hành của đường dây truyền tải không DDK được sử dụng rộng rãi, sau đây gọi là “phương pháp tính toán DLR”. Phương pháp tính toán DLR tuân theo mô hình tính toán cân bằng nhiệt ở trạng thái xác lập, được đề xuất và mô tả trong bộ tiêu chuẩn, hướng dẫn của hai tổ chức IEEE và CIGRÉ [7-12]. Sự cân bằng năng lượng bên trong dây dẫn (Hình 1.b) mà không có bất kỳ tích trữ nhiệt nào làm cho lượng nhiệt được cung cấp chuyển đổi hoàn toàn ra môi trường bên ngoài bằng cách tản nhiệt, được biểu thị theo phương trình cân bằng đơn giản của nhiệt lượng thu được (bởi hiệu ứng Joule ( $P_J$ ), bức xạ từ mặt trời ( $P_S$ )) và tản nhiệt (thông qua đối lưu ( $P_C$ ), tản nhiệt ( $P_R$ )):

$$P_J + P_S = P_C + P_R \tag{1}$$

Trong đó, các thông số được trình bày trong phương trình cân bằng nhiệt (1) đều có các biến phụ thuộc vào thời tiết đầu vào: Bức xạ mặt trời  $S_I$ , góc gió  $\theta$ , tốc độ gió  $V_w$ , nhiệt độ môi trường  $T_a$  và nhiệt độ dây dẫn  $T_c$ , được biểu thị theo mối quan hệ sau:

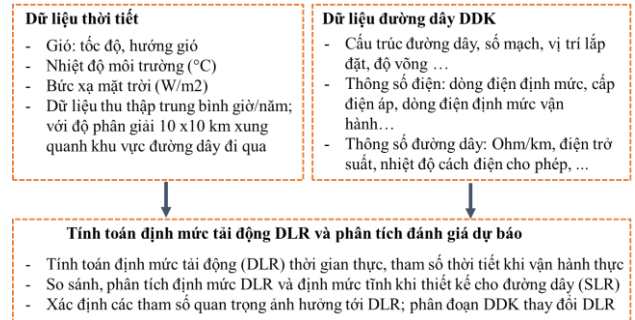
$$P_J(T_c, I) + P_S(S_I) = P_C(\theta, V_w, T_a, T_c) + P_R(T_a, T_c) \tag{2}$$

Về việc thiết lập các thông số và quan hệ trong tính toán  $P_J$ ,  $P_S$ ,  $P_C$ ,  $P_R$  được mô tả trong các báo cáo thực tập tốt nghiệp [13, 14], do giới hạn số trang bài báo này nhóm tác giả không trình bày chi tiết.

**2.2. Phương pháp tính toán định mức nhiệt động của DDK**

Hình 2 mô tả các bước tính toán định mức tải động DLR của đường dây DDK. Bước 1: Thu thập và phân tích dữ

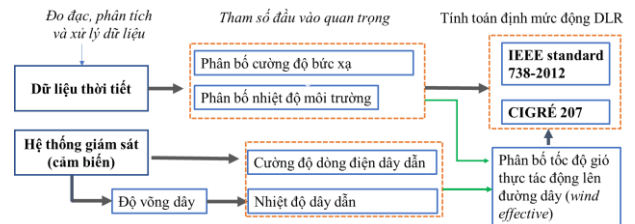
liệu về thời tiết của khu vực đường dây cần đánh giá. Nguồn dữ liệu có thể từ các trạm đo thời tiết hoặc từ các cảm biến lắp đặt tại vị trí cột, trên đường dây. Bước 2: Thu thập dữ liệu về đường dây bao gồm các thông số thiết kế và vận hành, đặc biệt các thông tin về việc vận hành quá tải/ non tải xảy ra trong khoảng thời gian ít nhất 1 năm. Thông tin về định mức tải – mức tải tĩnh SLR và dòng điện cực đại khi vận hành được sử dụng làm tham số tham chiếu trong quá trình tính toán, dự báo định mức DLR ở bước 3. Bước 3: Tính toán định mức tải của đường dây trong thời gian thực hoặc định mức tải phụ thuộc vào các tham số thời tiết thực tế của đường dây. DLR được sử dụng nhằm: So sánh với SLR, xác định mức gia tăng tải động ở các thời điểm và tần suất có thể cho phép vận hành đường dây theo tải động; Xác định những vị trí đường dây vận hành tới hạn (những phân đoạn thường xuyên vận hành với mức tải cao).



**Hình 2. Lưu đồ các bước tính toán định mức tải nhiệt động (định mức tải thực tế - thời gian thực) DLR của đường dây DDK**



**Hình 3. Phương pháp gián tiếp tính toán định mức tải nhiệt động (định mức tải thực tế - thời gian thực) DLR của đường dây**



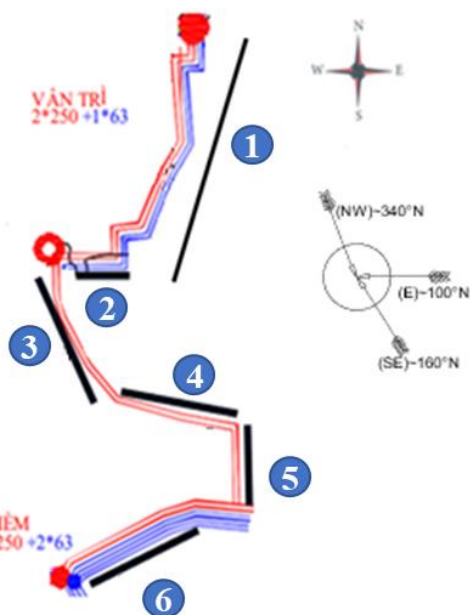
**Hình 4. Phương pháp trực tiếp tính toán định mức tải nhiệt động (định mức tải thực tế - thời gian thực) DLR của đường dây**

Hai phương pháp tính toán và dự báo định mức tải động DLR: Trực tiếp và gián tiếp đã được Fernandez và cộng sự trình bày trong [9]. Phương pháp gián tiếp (Hình 3) sử dụng tham số đầu vào cho phương trình tính toán cân bằng nhiệt (1) và (2) được thu thập từ các trạm đo thời tiết, hoặc nguồn dữ liệu sẵn có (tốc độ gió, hướng gió, nhiệt độ môi trường, cường độ bức xạ). Sự biến động của dữ liệu thời tiết dọc theo chiều dài đường dây, nhiệt độ trong dây dẫn có thể thay đổi giữa các phân đoạn/ nhịp (span) đường dây. Phương pháp này tính toán DLR trung bình trên toàn tuyến đánh giá trong khoảng thời gian xác định dựa trên giá trị trung bình của dữ liệu (ví dụ: Tốc độ gió trung bình/ ngày/ tháng).

Phương pháp trực tiếp (Hình 4) đòi hỏi sử dụng các cảm biến đo trực tiếp (theo thời gian thực) được lắp đặt trên đường dây (hoặc vị trí cột, đường dây): Nhiệt độ dây dẫn/ cường độ dòng điện dây dẫn, độ võng... thông số thời tiết được giám sát thường xuyên hơn với điều kiện vận hành, được cập nhật trong tính toán: Tốc độ gió, góc gió tương đối giữa hướng gió và hướng đường dây, nhiệt độ môi trường, cường độ bức xạ mặt trời tại khu vực dọc đường dây. Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng, phương pháp trực tiếp cho độ chính xác tốt hơn, tuy nhiên đòi hỏi việc triển khai hệ thống giám sát trên đường dây. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng phương pháp gián tiếp, sử dụng nguồn dữ liệu sẵn có, đề cập trên một tuyến đường dây được khảo sát như là một ví dụ bước đầu cho việc đánh giá, phân tích lợi ích của sử dụng giải pháp DLR trong vận hành đường dây DDK 220 kV cho lưới điện Việt Nam.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Nghiên cứu điển hình đường dây DDK 220 kV Chèm - Vân Trì



Hình 5. Đường dây DDK 220 kV 17km Chèm – Vân Trì với 6 - phân đoạn (segment) khác nhau theo hướng gió tới

Đường dây khảo sát và nghiên cứu là tuyến DDK 220 kV Chèm - Vân Trì với chiều dài 17 km, được đưa vào vận hành 2015, khả năng mang tải 20-25% cho Tp. Hà Nội. Đường dây với thông số mang tải thường xuyên > 70%  $I_{dm}$ /năm, được đánh giá có khả năng quá tải do thuộc khu vực cung cấp điện nghẽn mạch trung tâm đô thị lớn. Nhóm tác giả xem xét tính khả thi của việc lắp đặt hệ thống cảm biến giám sát: Đường dây không quá dài, trên địa hình đồng nhất, thuộc khu vực khí hậu có 4 mùa rõ rệt trong năm. Thông số tham chiếu trên Bảng 1. Đây chỉ là trường hợp nghiên cứu cơ sở cho các nghiên cứu sâu hơn trên các tuyến đường dây DDK 220 kV sau này. Dữ liệu thời tiết được thu thập với nguồn sẵn có [15] xung quanh khu vực đường dây đi qua với bán kính 10 x 10 km. Dữ liệu thu thập theo khoảng thời gian 1 phút, được xử lý lọc thông số chủ yếu: Phân bố tốc độ gió, góc gió, cường độ bức xạ, nhiệt độ môi trường. Trong xử lý dữ liệu đầu vào, tính toán định mức

DLR theo phương pháp gián tiếp (Hình 3) được thực hiện bằng công cụ Python, phần mềm Matlab. Trên thực tế, tuyến đường dây chưa được trang bị hệ thống giám sát DLR, thông số vận hành đường dây bị hạn chế tiếp cận, do đó trong nghiên cứu này, các tham số đầu vào phương trình cân bằng nhiệt (1) và (2) với các giả thiết không thay đổi trên toàn tuyến đường dây: Cường độ bức xạ ở mức tới hạn 1000 W/m<sup>2</sup>, nhiệt độ môi trường 25°C, góc gió tương đối tới đường dây 90°. Việc nghiên cứu đánh giá tác động của sự thay đổi đồng thời các tham số trên theo thời gian thực sẽ được đề cập ở bước tiếp theo. Thông số đường dây vận hành: Nhiệt độ dây dẫn tới hạn 100°C; Chỉ số hấp thụ 0,9; Chỉ số phát xạ 0,7 cho giá trị điển hình của ruột dây dẫn đã được sử dụng trên 5 năm trong môi trường công nghiệp của trường hợp được thử nghiệm [16].

Bảng 1. Thông số kỹ thuật tuyến đường dây DDK 220 kV: 274 Chèm – 272 Vân Trì (khảo sát)

STT	Thông số	Giá trị
1	Chiều dài	17 km
2	Dòng điện định mức ( $I_{dm}$ ) Định mức tính: SLR	940 A
3	Tiết diện dây dẫn	500/64 mm <sup>2</sup>
4	Vật liệu dây dẫn	ACSR
5	Số dây dẫn	1

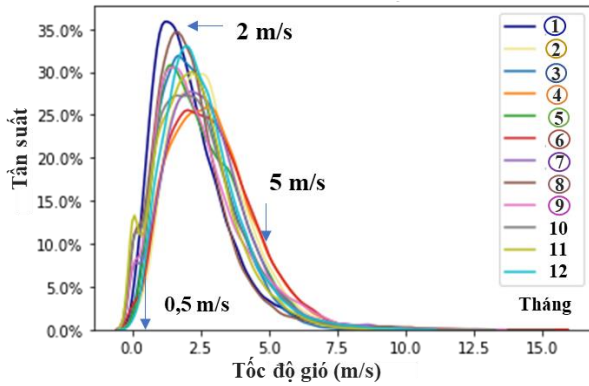
#### 3.2. Đánh giá tác động các tham số môi trường tới định mức nhiệt động DLR của đường dây DDK 220 kV

##### 3.2.1. Phân bố tốc độ gió và định mức DLR

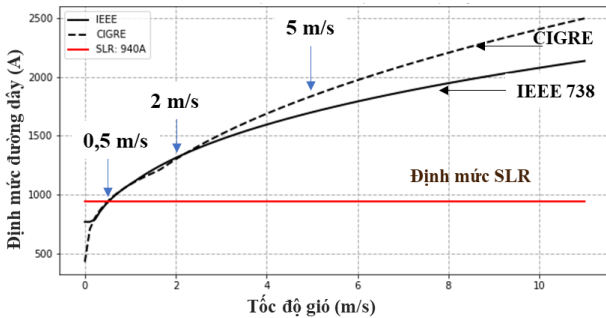
Phân bố tốc độ gió ở khu vực đường dây đi qua được thể hiện trên Hình 6 với mức dao động trong khoảng 0 - 11 m/s. Tần suất lớn nhất (30 - 35%) ở tốc độ trung bình 2m/s xuất hiện trong các tháng 1, 3, 5, 8 và 9. Tốc độ gió cao > 6 m/s xuất hiện với tần suất rất thấp (< 3%). Với mức tốc độ 3,5 - 5 m/s, tần suất xuất hiện tương đối cao ở mức 10-25% ở tất cả các tháng trong năm. Với mức 0,5 m/s tốc độ gió rất thấp có tần suất 10% tất cả các tháng trong năm. Do đó, để đánh giá tác động của tốc độ gió tới khả năng tải nhiệt động của đường dây DDK 220 kV Chèm - Vân Trì, nhóm tác giả sẽ sử dụng 3 mức tốc độ gió điển hình của khu vực này là 0,5 m/s; 2 m/s; 5 m/s ở tất cả các tính toán và đánh giá tiếp theo.

Tốc độ gió đã được chứng minh là tham số ảnh hưởng đáng kể nhất tới khả năng làm mát dây dẫn, khả năng mang tải thực (tải nhiệt động) của đường dây DDK. Kết quả tính toán định mức DLR trung bình trên toàn tuyến DDK 220 kV Chèm - Vân Trì thể hiện trên Hình 7. Nhóm tác giả giả định đường dây vận hành ở điều kiện:  $T_c=100^\circ\text{C}$ ,  $q_s=1000\text{ W/m}^2$ ,  $\theta=90^\circ$  và  $T_a=25^\circ\text{C}$  (nhiệt độ dây dẫn đạt tới hạn, cường độ bức xạ là lớn nhất, hướng gió tới vuông góc với đường dây, nhiệt độ môi trường lý tưởng). Với mức gia tăng 1000 - 2000 A tương ứng tốc độ gió 0,5 - 11 m/s, tức là khả năng mang tải động của đường dây trong vận hành thực tế có thể đạt tới giá trị cực đại 112% so với định mức tải tĩnh thiết kế SLR tại 940 A, với mức tăng DLR khoảng 40% ở tốc độ gió 2 m/s trong phần lớn thời gian trong năm như đã nhận xét ở Hình 6. Kết quả phân tích cũng chỉ ra rằng, ở tốc độ gió < 0,5 m/s (ở tần suất trung bình < 10%/ năm), xuất hiện rủi ro vận hành DDK với mức SLR. Tuy nhiên, điều này chỉ

mang tính chất tham khảo cho việc vận hành. Trên thực tế, việc đánh giá tần suất gia tăng khả năng mang tải của đường dây cần được đánh giá trên cơ sở tần suất (% theo thời gian) xuất hiện tốc độ gió thực tế cao/thấp, cũng như tính ổn định của tốc độ gió này.

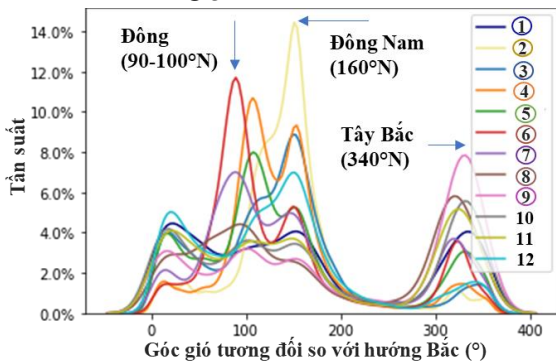


Hình 6. Phân bố tốc độ gió trung bình/tháng/năm ở khu vực đường dây DDK 220 kV Chèm – Vân Trì



Hình 7. DLR và tốc độ gió tại điều kiện vận hành giả sử của DDK 220 kV:  $T_c=100^{\circ}C$ ,  $q_s=1000 W/m^2$ ,  $\theta=90^{\circ}$  và  $T_a=25^{\circ}C$ .

3.2.2. Phân bố hướng gió và định mức DLR



Hình 8. Phân bố hướng gió tương ứng các phân đoạn đường dây/tháng ở khu vực DDK 220 kV Chèm – Vân Trì

Trên Hình 5 và 8, khu vực đường dây đi qua chịu ảnh hưởng của hướng gió khác nhau, đồ thị phân bố thể hiện 3 nhóm tần suất xuất hiện chủ yếu:

a. Nhóm (I)

Hướng gió Đông (E-100°N), chủ yếu xuất hiện ở các tháng mùa hè: Tháng 4 tới tháng 7 tần suất 8 - 12%. Trong những tháng này, mặc dù nhiệt độ môi trường cao (Hình 12), nhưng tốc độ gió tương đối cao (mức 2,5 - 3,5 m/s trên Hình 6) với tần suất lớn. Điều này có ảnh hưởng tích cực tới sự gia tăng DLR trên đường dây so với mức DLR đã được thể hiện trên Hình 9 với mức gia tăng trung bình 1000

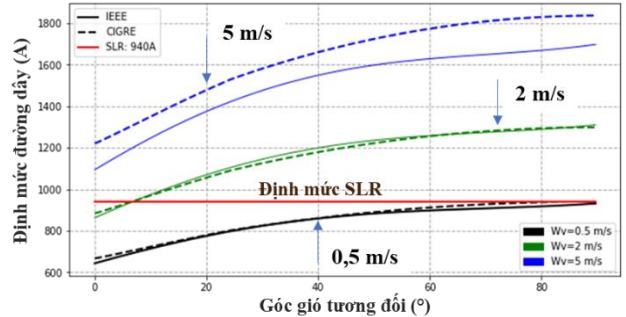
- 1300 A (đạt tới 30% so với SLR) tại mức tốc độ gió 2 m/s. Mức gia tăng cao hơn được nhận thấy ở mức gió 5 m/s, tuy nhiên tần suất xuất hiện thấp. Lợi ích hướng gió thể hiện rõ rệt với góc gió tương đối giữa hướng gió tới và đường dây > 50° (Hình 9) tương ứng với các phân đoạn DDK như: segment 1, 3, 5 trên Hình 5. Hướng gió trong những tháng này sẽ không có lợi cho vận hành ở các phân đoạn DDK ở đó góc gió tới tương đối nhỏ, hướng gió gần như song song với hướng đường dây: segment 2, 4. Tuy nhiên, do đường dây DDK 220 kV trong trường hợp nghiên cứu này khá ngắn (17 km), trên thực tế dòng điện tải trên toàn tuyến gần như không đổi. Việc phân đoạn này nhằm nhận định tác động của hướng gió đối với sự gia tăng DLR trên đường dây, do đó tác dụng khuyến cáo việc lắp đặt thiết bị đo đạc và giám sát tải động DLR của đường dây DDK dài nên được đặt ở những vị trí mà ở đó đường dây có sự rẽ hướng hoặc đi qua địa hình bị chắn gió.

b. Nhóm (II)

Hướng gió Đông Nam (SE-160°N), chủ yếu xuất hiện với tần suất cao 8 - 14% ở các tháng: Tháng 1, tháng 2, tháng 12. Những tháng này, mặc dù nền nhiệt độ môi trường thấp, tốc độ gió xuất hiện tần suất 30-35% là tương đối cao (Hình 6) cho kết quả tương tự như Nhóm (I). Sự tác động kém tới DLR thể hiện trên các phân đoạn: segment 3, 4.

c. Nhóm (III)

Hướng gió Tây Bắc (NW-340°N), chủ yếu xuất hiện với tần suất thấp nhất 5 - 8% ở các tháng 8, 9, 10. Với tốc độ gió thấp (< 1,5 m/s) không có lợi cho sự gia tăng DLR của đường dây với các tháng này. Điều này cũng được nhận thấy rủi ro vận hành đối với các phân đoạn: segment 3; 5.

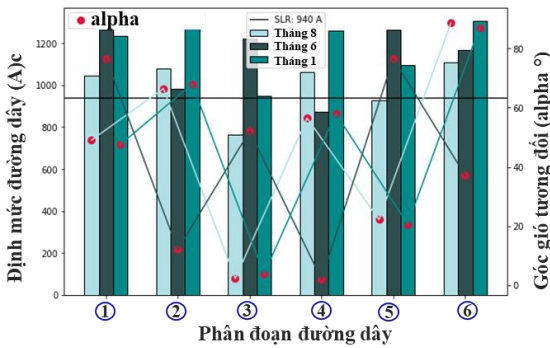


Hình 9. DLR và hướng gió với 3 mức tốc độ gió điển hình tại điều kiện vận hành giả sử của DDK 220 kV:  $T_c=100^{\circ}C$ ,  $q_s=1000 W/m^2$  và  $T_a=25^{\circ}C$

d. Tác động của tốc độ gió, hướng gió tới các phân đoạn trong các tháng điển hình

Tổng hợp phân tích tác động ảnh hưởng các tham số: tốc độ gió, hướng gió đối với một số tháng thu thập dữ liệu và tính toán định mức DLR được thể hiện trên Bảng 2 và Hình 10. Có thể nhận thấy, rủi ro vận hành đường dây DDK với định mức tải tĩnh SLR trên 3 phân đoạn: segment 3, 4, 5. Định mức tải thực của đường dây thấp hơn định mức tải tĩnh thiết kế SLR do sự ảnh hưởng đồng thời của các tham số chủ yếu: tốc độ gió, góc tới của hướng gió đối với đường dây; các tham số khác như nhiệt độ môi trường và cường độ bức xạ. Trong hầu hết các trường hợp, tháng 8 có mức DLR thấp nhất. Khả năng giải nhiệt cho đường dây tốt hơn đối với tháng 1, do đó định mức DLR là cao hơn. Đối với các phân đoạn trên đường dây có góc gió tương đối > 40°,

sự gia tăng định mức DLR so với SLR là khá cao.

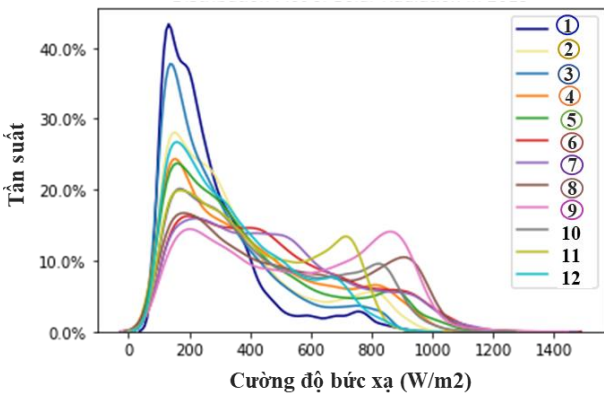


**Hình 10.** DLR và hướng gió với 3 mức tốc độ gió điển hình tại điều kiện vận hành giả sử của DDK 220 kV:  $T_c=100^\circ\text{C}$ ,  $q_s=1000\text{ W/m}^2$  và  $T_a=25^\circ\text{C}$

**Bảng 2.** Tham số điển hình 3 nhóm hướng gió (I, II, III), tốc độ gió điển hình tương ứng các tháng/năm 2020

STT	Nhóm (I)	Nhóm (II)	Nhóm (III)
Thời điểm phân tích DLR	Tháng 8 (ngày 8; 12h)	Tháng 6 (ngày 7; 12h)	Tháng 1 (ngày 6; 13h)
Nhiệt độ môi trường	29,9°C (cao)	32,75°C (cao)	19°C (thấp)
Tốc độ gió	1,28 m/s (thấp)	2,5 m/s (trung bình cao)	1,6 m/s (trung bình thấp)
Bức xạ trung bình	1000 W/m <sup>2</sup>	900 W/m <sup>2</sup>	450 W/m <sup>2</sup>

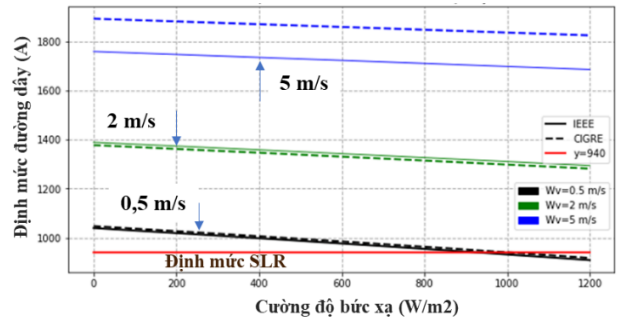
3.2.3. Phân bố cường độ bức xạ mặt trời và định mức DLR



**Hình 11.** Phân bố bức xạ mặt trời/tháng/năm ở khu vực đường dây DDK 220 kV Chèm – Vân Trì

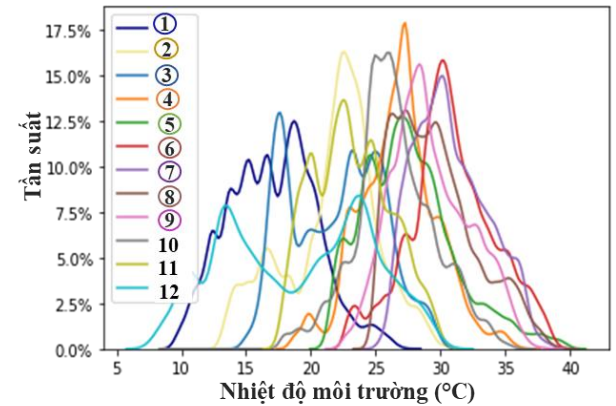
Cường độ bức xạ mặt trời của khu vực đường dây phân bố rộng trong khoảng 50 - 1200 W/m<sup>2</sup> như trên Hình 11. Tần suất 20 - 50% xuất hiện ở nhiều tháng trong năm với mức cường độ bức xạ thấp trong khoảng 100 - 300 W/m<sup>2</sup>, chủ yếu ở các tháng 1, 2, 3, 4, 12. Trong các tháng 7 - 11, cường độ bức xạ tương đối cao 600 - 1000 W/m<sup>2</sup>, tuy nhiên tần suất thấp (< 15%/ năm). Phân tích tác động của cường độ bức xạ tới sự gia tăng tải động DLR được thể hiện trên Hình 12 ở 3 mức tốc độ gió điển hình. Trong trường hợp này, nhóm tác giả giả sử DDK vận hành ở điều kiện:  $T_c=100^\circ\text{C}$ ,  $\theta=90^\circ$  và  $T_a=25^\circ\text{C}$ . Có thể thấy, ở tốc độ gió thấp (< 0,5 m/s), rủi ro vận hành DDK ở mức tải tĩnh SLR xuất hiện ở các thời điểm cường độ bức xạ cao > 800 W/m<sup>2</sup>. Ảnh hưởng của cường độ bức xạ tới DLR của đường dây là không thay đổi đáng kể ở các mức tốc độ gió trung bình > 2 m/s. Ví dụ, mức DLR giảm dần 40% - 25% so với SLR

đối với cường độ bức xạ tăng từ 100 - 1000 W/m<sup>2</sup> ở các thời điểm trong năm với mức tốc độ gió 2 m/s, hướng gió tới vuông góc với đường dây, nhiệt độ môi trường duy trì ở mức trung bình 25°C và điều kiện nhiệt dây dẫn có thể tới hạn 100°C.

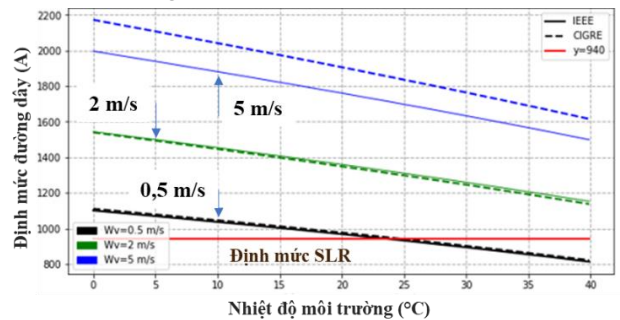


**Hình 12.** DLR và cường độ bức xạ với 3 mức tốc độ gió điển hình tại điều kiện vận hành giả sử của DDK 220 kV:  $T_c=100^\circ\text{C}$ ,  $\theta=90^\circ$  và  $T_a=25^\circ\text{C}$

3.2.4. Phân bố nhiệt độ môi trường và định mức DLR



**Hình 13.** Phân bố nhiệt độ môi trường/tháng/năm ở khu vực đường dây DDK 220 kV Chèm – Vân Trì



**Hình 14.** DLR và nhiệt độ môi trường với 3 mức tốc độ gió điển hình tại điều kiện vận hành giả sử của DDK 220 kV:  $T_c=100^\circ\text{C}$ ,  $\theta=90^\circ$  và  $q_s=1000\text{ W/m}^2$

Phân bố nhiệt độ môi trường tại khu vực đường dây thể hiện đặc điểm nhiệt độ của miền Bắc, Việt Nam (Hình 13), dải nhiệt độ thấp (12 - 19°C) ở các tháng 1, 2, 12; nhiệt độ phân bố rộng ở các tháng mùa hè (tháng 5 - 10) với mức nhiệt 24 - 34°C, các tháng còn lại trong năm ở mức 20 - 25°C. Nhiệt độ môi trường là tham số tác động lớn tới định mức động DLR của đường dây, tới mức độ phát nhiệt lõi dây dẫn, ảnh hưởng tới độ võng,... Trong tính toán này, giả sử đường dây vận hành ở điều kiện:  $T_c=100^\circ\text{C}$ ,  $\theta=90^\circ$  và  $q_s=1000\text{ W/m}^2$ . Trên Hình 14, chúng ta nhận thấy rủi ro vận hành với mức SLR ở một số thời điểm tốc độ gió thấp,

hiệt độ môi trường  $> 25^{\circ}\text{C}$ . Với nền nhiệt độ môi trường phân bố trong dải  $10 - 40^{\circ}\text{C}$ , đường dây có sự gia tăng định mức tải động DLR giảm dần trong khoảng 45% - 20% so với SLR tương ứng các thời điểm tốc độ gió  $> 2 \text{ m/s}$ . Kết quả được ghi nhận đạt mức cao hơn với các thời điểm tốc độ gió cao ( $> 5 \text{ m/s}$ ) như Hình 14.

#### 4. Kết luận

Trong bài báo này, phân tích đánh giá định mức nhiệt động DLR áp dụng cho DDK 220 kV đã được thực hiện nghiên cứu cụ thể. Tính toán DLR sử dụng các phương pháp gián tiếp với mô hình toán học IEEE và CIGRÉ sử dụng dữ liệu từ nguồn thời tiết trực tuyến có sẵn, thông số vận hành đường dây SLR được sử dụng làm tham chiếu để so sánh. So với các giới hạn thiết kế, kết quả cho thấy, phân tích DLR phù hợp với các vùng có tốc độ gió tốt, với các đoạn đường dây có góc gió tương đối giữa đường dây và hướng gió tới  $> 50^{\circ}$ , mức nhiệt động DLR gia tăng cao hơn đánh giá theo tải tĩnh SLR đạt được trên 40% với tốc độ gió từ 2 m/s. Tác động của phân tích đánh giá mức DLR sẽ rõ rệt hơn đối với các đường dây có khoảng cách lớn, đi qua các vùng có hướng gió thay đổi, tốc độ gió thay đổi khác nhau. Kết quả nghiên cứu cung cấp tài liệu tham khảo cho sự phát triển tương lai của môi quan tâm về lưới điện thông minh ở Việt Nam, ứng dụng công nghệ DLR được coi là một trong những giải pháp then chốt với hệ thống giám sát DLR thời gian thực có thể góp phần khai thác triệt để cả về kinh tế và kỹ thuật, khả năng chịu tải của đường dây tải điện trên không hiện hữu. Việc ứng dụng hệ thống giám sát và tính toán DLR trên toàn tuyến đường dây trong thực tế không những xét tới tốc độ gió, mà còn cần xác định các phân đoạn đường dây với sự thay đổi góc gió tương đối, do đó xác định vị trí lắp đặt hệ thống giám sát. Trong hướng nghiên cứu tiếp theo, nhóm tác giả đề cập tới tính toán và phân tích lợi ích của các tiếp cận này đối với các tuyến đường dây mang tải cao, ở khu vực có tiềm năng năng lượng gió (tốc độ gió cao, hướng gió lớn), đồng thời việc lựa chọn tham số đầu vào phương trình cân bằng nhiệt với các kịch bản thay đổi trên toàn tuyến đường dây như: Cường độ bức xạ ở mức tới hạn, nhiệt độ môi trường, góc gió tương đối tới đường dây, trên tuyến DDK 220 kV khu vực Ninh Thuận, nhằm đánh giá lợi ích của DLR như là giải pháp tiềm năng cho tăng cường tích hợp nguồn năng lượng gió vào lưới điện truyền tải.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Vu, T.T.N., Teyssède, G., Roy, S.L., Anh, T.T., Trần, T.S., Nguyen, X.T., Nguyễn, Q.V., "The challenges and opportunities for the power transmission grid of Vietnam", *European Journal of Electrical Engineering*, vol. 21, No. 6, pp. 489-497, 2019.
- [2] A. Estanqueiro et al., "DLR use for optimization of network design with very large wind (and VRE) penetration", *17th International Workshop on LS Integration of Wind Power into Power Systems*, p.8, 2018.
- [3] Tapani O. Seppä., "Guide for selection of weather parameters for bare overhead conductor ratings", CIGRE Brochure 299, 2006.
- [4] Andrea Michiorri, Huu-Minh Nguyen, Stefano Alessandrini, John Bjørnar Bremnes, Silke Dierer, Enrico Ferrero, Bjørn-Egil Nygaard, Pierre Pinson, Nikolaos Thomaidis, Sanna Uski., "Forecasting for dynamic line rating", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol 52, pp. 1713-1730, 2015.
- [5] Marmillo, J, Mehraban, B, Murphy, S, and Pinney, N., "A Non-Contact Sensing Approach for the Measurement of Overhead Conductor Parameters and Dynamic Line Ratings", CIGRE US National Committee, Grid of the Future Symposium, Cleveland, OH, 2017.
- [6] Bruce J. Walker., "Dynamic Line Rating, Report to Congress. United States Department of Energy", Washington, DC 20585, June 2019.
- [7] IEEE Power and Energy Society, "EEE Standard 738 - Standard for calculating the current temperature relationship of bare overhead line conductors", Technical Standard, 2012.
- [8] CIGRE WG B2.43., "Guide for Thermal Rating Calculations of Overhead Lines", Technical Brochure 601, December 2014.
- [9] Fernandez, E., Albizu, I., Bedialauneta, M. T., Mazon, A. J., & Leite, P. T., "Review of dynamic line rating systems for wind power integration", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol 53, pp. 80-92. 2016.
- [10] Karimi, S., Musilek, P., & Knight, A. M., "Dynamic thermal rating of transmission lines: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol 91, pp. 600-612. 2018.
- [11] GIZ, "Technology Assessment of Smart Grids for Renewable Energy and Energy Efficiency", Technical report, pp. 22. 2019.
- [12] Viafora, N., Delikaraoglou, S., Pinson, P., & Holbøll, J., "Chance-constrained optimal power flow with non-parametric probability distributions of dynamic line ratings", *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol 114, 105389. 2020.
- [13] Kateryna Morozovska., "Dynamic Rating of Power Lines and Transformers for Wind Energy Integration". Bachelor Thesis 2018, KTH School of Electrical Engineering and Computer Science, Stockholm, Sweden
- [14] Nguyen Tien Dat., "Estimating the dynamic thermal capacity of overhead transmission lines, case study: 220kV Vân Trì- Chèm - 17 km transmission line". Bachelor Thesis 2020, University of Science and Technology of Hanoi, VAST, Vietnam.
- [15] ENERGYDATA.INFO: [https://energydata.info/about\\_us](https://energydata.info/about_us), by the World Bank Group
- [16] Hussien, Z.F., Azlan Abdul Rahim, A.A., & Abdullah, N., "Transmission and Distribution", TNB Research, Malaysia. Power Electronics Handbook, 3rd ed., 1357-1375.