

SO SÁNH MÔ HÌNH CHỐNG SÉT VAN TRONG TRANG TRẠI ĐIỆN GIÓ HẠN CHẾ QUÁ ĐIỆN ÁP SÉT ĐÁNH VÀO TUABIN GIÓ

COMPARATIVE MODEL OF SURGE ARRESTER IN WIND FARM LIMITING OVER VOLTAGE LIGHTNING STROKES TO WIND TUBINE

Lê Chí Công¹, Nguyễn Văn Đạt¹, Nguyễn Văn Doanh^{1,*},
Đoàn Việt Đức¹, Nghiêm Thị Thúy Nga², Đào Thị Lan Phương³

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.038>

TÓM TẮT

Các tuabin gió thường xuyên bị sét đánh do lắp đặt tại khu vực trống trải và độ cao lớn, sét đánh gây gián đoạn phát điện. Khi các tuabin gió bị sét đánh dòng điện sét chạy trong các dây dẫn thoát sét xuống đất, trong quá trình lan truyền sẽ cảm ứng sang các đường dây điện lực và dây điều khiển gây ra quá điện áp (QĐA). Để bảo vệ QĐA hiện nay các tuabin gió thường lắp đặt bộ chống sét van (CSV). Các mô hình của CSV trong nghiên cứu QĐA thì nhiều tập trung chủ yếu trên lưới điện truyền tải mà chưa có công trình nào nghiên cứu chi tiết bảo vệ QĐA trong trang trại điện gió. Bài báo này trình bày mô hình CSV dạng đơn giản (ĐG) không phụ thuộc tần số và mô hình của Pinceti cùng các cộng sự mô hình phụ thuộc tần số (PTTS) để nghiên cứu đánh giá mức QĐA trong trang trại điện gió khi tuabin gió bị sét đánh. Kết quả thu được là cơ sở để lựa chọn mô hình CSV phù hợp trong nghiên cứu QĐA khi sét đánh vào tuabin gió. Sử dụng chương trình quá độ điện từ EMTP/ATP để mô phỏng và phân tích.

Từ khóa: *Tua bin gió, mô hình chống sét van, quá điện áp, EMTP/ATP.*

ABSTRACT

Wind turbines are often struck by lightning due to their installation in empty areas and high altitudes, so lightning strikes disrupt power generation. When the wind turbines are struck by lightning, the lightning current flows in the lightning discharge conductors to the ground, in the process of propagation, it will be induced to the power lines and control wires causing overvoltage. To protect for wind turbines often install surge arresters. The models of surge arrester in the overvoltage research are mainly focused on the transmission grid, but there are no detailed studies on the protection of the overvoltage in the wind farm. This paper presents a simple surge arrester model that does not depend on frequency and the model of Pinceti and colleagues' frequency dependent model to study and evaluate overvoltage levels in wind power farms when wind turbine struck by lightning. The obtained results are the basis for selecting a suitable surge arrester model in the overvoltage study when lightning strikes the wind turbine. Use EMTP/ATP electromagnetic transient program for simulation and analysis.

Keywords: *Wind turbine, surge arrester model, overvoltages, EMTP/ATP.*

¹2018DHĐIEN06 - ĐHK14, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định

³Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: nguyenvandoanh12d01@gmail.com

Ngày nhận bài: 25/10/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 02/02/2023

Ngày chấp nhận đăng: 15/3/2023

1. GIỚI THIỆU

Gần đây, các tuabin gió đang phát triển nhanh chóng trên toàn thế giới để trở thành một nguồn năng lượng điện quan trọng. Với việc tăng dần chiều cao tuabin gió để có năng suất cao, nguy cơ tuabin gió có thể bị sét đánh cũng tăng lên. Ngoài ra, vị trí của các tuabin gió thường nằm cô lập, khu vực trống trải hoặc điều kiện đồi núi khiến số lượng sét đánh ngày càng nhiều. Hơn nữa, sét đánh hỏng tuabin gió dẫn đến việc dừng hoạt động của máy phát điện gió và có thể phải sửa chữa tốn kém. Ngoài hư hỏng nghiêm trọng đối với các thiết bị của máy phát, sự cố ngắn mạch của cáp điện lực và cáp điều khiển thường xuyên xảy ra ở các trang trại điện gió trên toàn thế giới. Theo IEC TR 61400-24, các hư hỏng thường xuyên nhất, hơn 50% trong thành phần hư hỏng của tuabin gió là các hư hỏng xảy ra ở điện áp thấp của mạch máy phát, mạch điều khiển [1]. Các sự cố thường xuyên như vậy trong mạch điện áp thấp có thể gây ra thiệt hại do ngừng phát điện và do đó làm tăng chi phí phát điện [2]. Các hư hỏng trên mạch điện áp thấp không chỉ do sét đánh trực tiếp đánh mà còn bị do quá điện áp lan truyền trong trang trại điện gió ngay sau khi sét đánh vào một tuabin gió nào đó trong trang trại điện gió [3]. Đất có điện trở suất cao tại hệ thống nối đất của tuabin gió thường làm cho bộ CSV hoạt động theo đặc tính ngược lại và làm cho điện áp tăng trở lại trên hệ thống lưới điện trong trang trại điện gió. Điều này có thể gây ra sự cố đánh thủng cách điện và cháy các mạch điều khiển ở cấp điện áp thấp và thậm chí hỏng bộ CSV tại trang trại gió. Trong thực tế, nhiều sự cố đã xảy ra không chỉ ảnh hưởng đến mỗi tuabin gió bị sét đánh mà còn lan ra các tuabin gió khác dù cho các tuabin đó không bị sét đánh. Do đó, việc tập trung đánh giá, phân tích mô hình CSV hạn chế QĐA do sét trong các trang trại gió là rất quan trọng [2-4]. Mặc dù, có nhiều nghiên cứu về mô hình CSV đã đánh giá hiệu quả hoạt động bảo vệ QĐA của trang trại điện gió trong các điều kiện sự cố thoáng qua [1-3, 5- 8], nhưng không có nghiên cứu nào bao gồm mô hình tần số cao của bộ CSV lắp đặt trong trang trại gió. Do đó, bài báo này nghiên cứu đến việc so sánh giữa mô hình đơn giản và mô hình có tần số cao của cả bộ CSV và máy biến áp lắp đặt trong trang trại điện gió.

Trong bài báo này, các thành phần tuabin gió như máy biến áp tăng áp và bộ CSV được thực hiện bằng cách sử dụng các mô hình tần số cao. Tác động của các mô hình này lên QĐA được phân tích bằng cách sử dụng trạng thái gió đơn giản bao gồm hai tuabin gió. Điều này được nghiên cứu nhiều trong miền thời gian cũng như trong miền tần số bằng cách sử dụng Fast Fourier Transform (FFT). Mô hình đề xuất của bộ CSV mạng hạ áp được trình bày bằng cách xác định lại các thông số của Penciti và các cộng sự. QĐA lan truyền được khảo sát bằng cách sử dụng trạng thái gió đơn giản bao gồm mười tuabin gió.

2. MÔ TẢ MÔ HÌNH

2.1. Cấu trúc và thông số của trạng thái gió

Cấu trúc của trạng thái điện gió bao gồm hai máy phát điện gió giống hệt nhau mô tả trên hình 1. Máy phát điện gió được mô hình hóa như một máy đồng bộ công suất 1MVA điện áp 0,66kV, hệ thống tiếp địa các cột WT và bộ CSV, MBA được nối chung với nhau và trị số điện trở một chiều là 10Ω. Cột WT cao 60m và bán kính chân trụ là 1,8m, bán kính đỉnh trụ là 0,8m, trạng thái điện gió kết nối với hệ thống lưới điện bằng đường dây phân phối dài 5km.

- Cánh: được mô tả bởi một tổng trở sóng xác định theo công thức [9]:

$$Z_b = 60 \ln \frac{2H_b}{r_b} \Omega \tag{1}$$

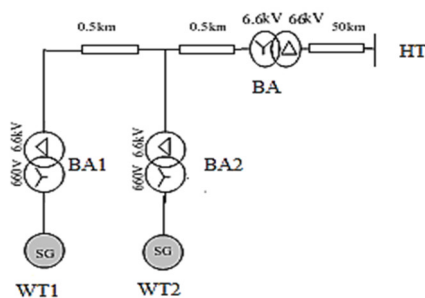
Với H_b và r_b lần lượt là chiều dài và bán kính vật dẫn đặt trong cánh tua bin (m).

- Cột trụ: được mô tả bởi một tổng trở sóng xác định theo công thức [9]:

$$Z_b = 60 \ln \frac{\sqrt{2}H_T}{r_T} \Omega \tag{2}$$

H_T , r_T lần lượt là chiều cao và bán kính tương đương của cột trụ (m).

Đường phân phối được giả định là đường dây trên không và được mô phỏng như các tham số đường dây phân phối phụ thuộc số J-Marti đã được trình bày trong [10].



Hình 1. Sơ đồ nối 2 tuabin điện gió

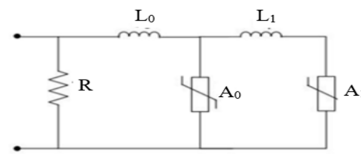
2.2. Mô hình CSV

Theo tiêu chuẩn bảo vệ quá áp máy biến áp, hai bộ CSV đã được lắp đặt ở cả hai phía của máy biến áp. Trong nghiên cứu này, bộ CSV phía hạ áp (HA) và bộ CSV phía trung áp (TA) được sử dụng. Để nghiên cứu tác động của

mô hình CSV, sử dụng hai loại mô hình: mô hình đơn giản và mô hình phụ thuộc tần số. Các đặc điểm VI của mô hình đơn giản được lấy trong [2].

2.2.1. Mô hình CSV phụ thuộc tần số

Hiệu quả hoạt động của bộ CSV là rất quan trọng đối với sét đánh và các xung sét đột ngột với thời gian rất nhanh cỡ μs . Một mô hình chính xác và đơn giản của bộ CSV đã được đề xuất bởi Pinceti và cộng sự [11] có nguồn gốc từ mô hình IEEE [12] và được thể hiện trong hình 2.



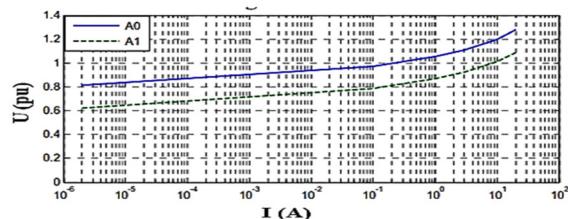
Hình 2. Pineti và cộng sự mô hình [11]

Mô hình này được cấu tạo bởi hai phần của điện trở phi tuyến tính thường được ký hiệu bởi A_0 và A_1 được ngăn cách bởi độ tự cảm L_1 và L_0 . Một điện trở song song R (1MΩ) được thêm vào để tránh sự mất ổn định số của sự kết hợp của nguồn hiện tại và các phần tử phi tuyến tính. Các giá trị L_1 và L_0 của mô hình tính bằng μH và xác định bằng các công thức sau [9]:

$$L_1 = \frac{1}{4} \frac{U_{r(1/T_2)} - U_{r(8/20)}}{U_{r(8/20)}} U_n \mu H \tag{3}$$

$$L_0 = \frac{1}{12} \frac{U_{r(1/T_2)} - U_{r(8/20)}}{U_{r(8/20)}} U_n \mu H \tag{4}$$

Trong đó: U_n - điện áp định mức của CSV; $U_{r(8/20)}$ - điện áp dư ứng với dạng xung dòng thử nghiệm 10kA, 8/20 μs ; $U_{r(1/T_2)}$ - điện áp dư ứng với dạng xung dòng thử nghiệm 10kA, 1/T₂ μs . Các đặc tính của A_0 và A_1 là trong pu khi tham chiếu đến $U_{r(8/20)}$ được lựa chọn dựa trên dữ liệu được công bố trong [11] và được trình bày trên hình 3.



Hình 3. Đặc tính U-I của A_0 và A_1

Vấn đề chính của mô hình này là $U_{r(1/T_2)}$ không có sẵn trong hầu hết các bảng dữ liệu. Vì vậy, việc xác định các tham số bằng mô hình này trở nên khó khăn. Vấn đề này đã được khắc phục bằng cách sử dụng mô hình CSV được đề xuất trong [13]. Các thông số đã được xác định theo công thức:

$$L_1 = 0,03 U_n \mu H \tag{5}$$

$$L_0 = 0,01 U_n \mu H \tag{6}$$

2.2.2. Mô hình CSV hạ áp để xuất

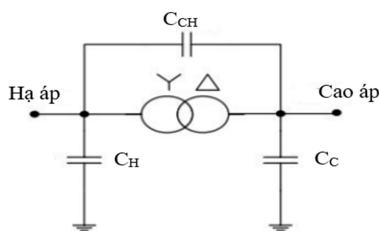
Mô hình CSV được mô phỏng và thử nghiệm để phù hợp với bảng dữ liệu của nhà sản xuất [15] theo các đặc

tính đóng cắt và chống sét. Dòng phóng điện 8/20 μ s, 5kA và dòng phóng điện danh định 25kA được đưa vào mô hình bộ CSV cho dòng phóng điện danh định 5kA của bộ CSV. Ngoài ra, dòng phóng điện danh định 8/20 μ s, 10kA và 40kA được đưa vào mô hình bộ CSV cho dòng phóng điện danh định 10 kA của bộ CSV. Sau đó, sai số của điện áp dư thay vì dữ liệu được sản xuất được tìm thấy trong giới hạn chấp nhận được. Nhận dạng các thông số của bộ CSV phía hạ áp trong (7), (8) được sửa đổi để bao gồm tất cả các mức của giá trị điện áp thấp. Việc sửa đổi này được thực hiện bằng chương trình LAB Fit Curve Fitting Software LABFIT [16]. Trong bài báo này, bộ CSV hạ áp bảo vệ máy biến áp được mô hình hóa bằng cách sử dụng công thức (5), (6) trong trường hợp này là U_n bằng 440V, do đó L_1 và L_0 xác định được bằng 0,07 μ H.

Trong nghiên cứu này, máy biến áp tăng áp bảo vệ bởi CSV trung áp có điện áp định mức 10kV. Các tham số L_1 và L_0 được ước lượng từ công thức (3) và (4) trong đó $U_{r(1/1T2)}$ có sẵn trong bảng dữ liệu [17]. Vì vậy, L_1 và L_0 lần lượt là 0,0952 μ H và 0,286 μ H.

2.2.3. Mô hình máy biến áp

Để nghiên cứu quá độ từ liên quan đến tần số lên đến vài kHz, điện dung giữa các cuộn dây máy biến áp phải được thêm vào. Điện dung thực sự được phân phối, nhưng các thông số gộp tại các đầu cuối của cuộn dây cho tổng điện dung có thể được sử dụng với độ chính xác hợp lý trong trường hợp này. Tuy nhiên, điện dung của máy biến áp thường khó xác định. Điện dung máy biến áp được biểu diễn bằng C_C , C_H và C_{CH} như hình 4. Trong đó, C_H : điện dung của cuộn dây cao với đất, C_C : điện dung của cuộn dây thấp với đất và C_{CH} : điện dung giữa các cuộn dây cao và hạ. Thông thường C_H và C_C lớn hơn C_{CH} . Điều này là do thực tế là điện áp cao đòi hỏi sự tách biệt nhiều hơn giữa các cuộn dây và giữa các cuộn dây và lõi [18]. Trong nghiên cứu này, các điện dung này được tính toán cho máy biến áp tăng áp và máy biến áp lưới dựa trên quy trình được đề xuất trong [19]. Điện dung đầu cuối thu được nằm trong dải điện dung cho trong [20, 21].



Hình 4. Mô hình máy biến áp tần số cao

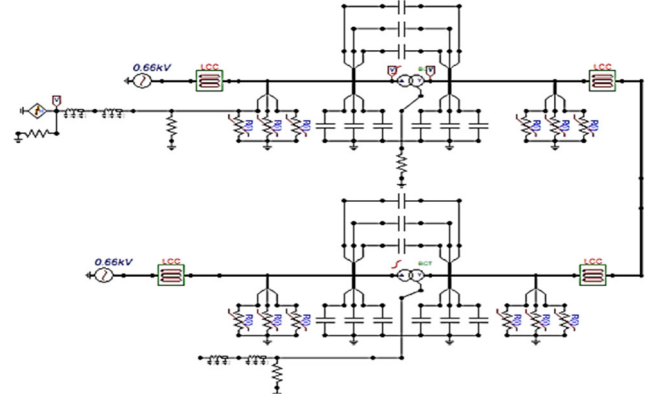
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mô phỏng với giả định rằng sét đánh vào tuabin 1 (WT1) được thể hiện trong hình 4. Dòng điện sét với biên độ là 51kA, thời gian đầu sóng là 2 μ s và độ dài sóng là 630 μ s.

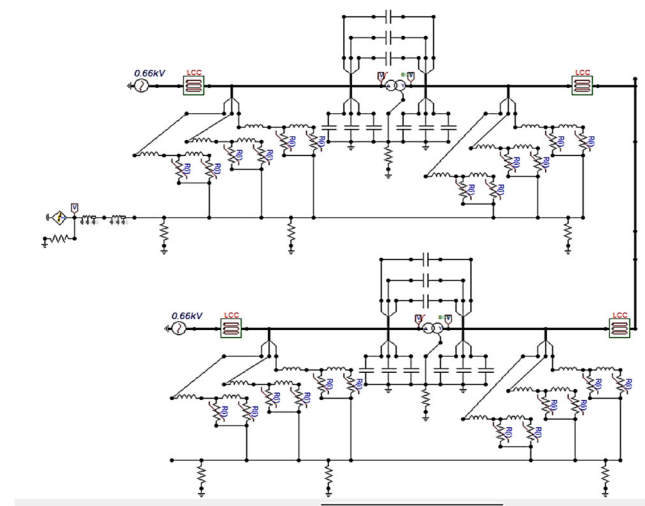
3.1. Tác động của mô hình CSV đối với quá điện áp

Tác động của mô hình CSV đối với quá áp được thực hiện bằng cách sử dụng hai tuabin gió thể hiện trong hình

5. Hình 5a cho thấy mạch EMT/ATP được mô tả trong ở hình 1, sử dụng mô hình đơn giản của bộ CSV (ĐG), còn hình 5b mô tả với i mô hình CSV phụ thuộc vào tần số (PTTS). Điện áp ở ba vị trí khác nhau được lấy để phân tích: tại cực cao áp của máy biến áp tăng áp của tuabin gió WT1, WT2 và phía sơ cấp của máy biến áp nối lưới.

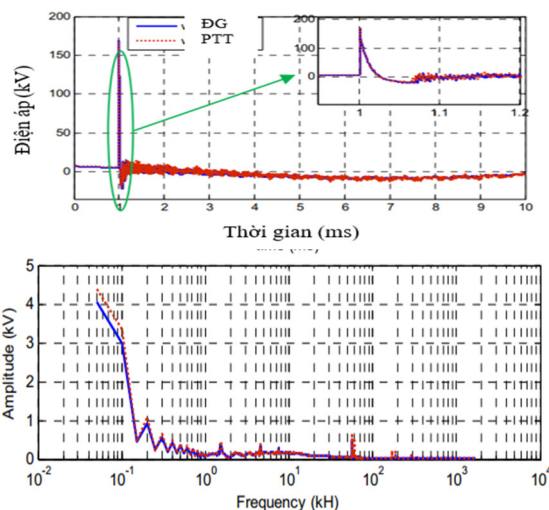


a) Mô hình với mô hình CSV đơn giản (ĐG)



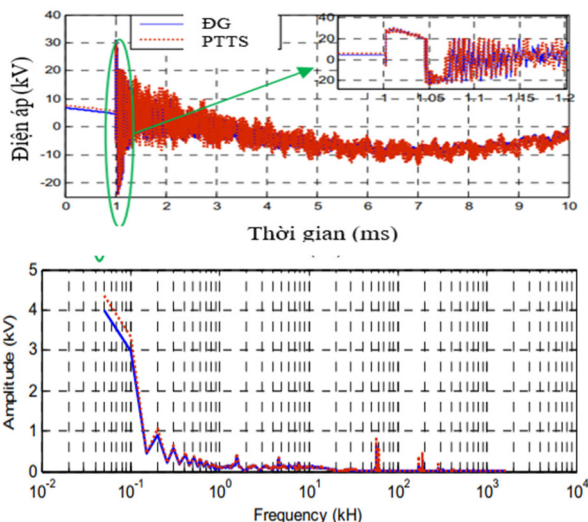
b) Mô hình CSV phụ thuộc tần số (PTTS)

Hình 5. Mô phỏng trong EMT/ATP cho trang trại gió đơn giản

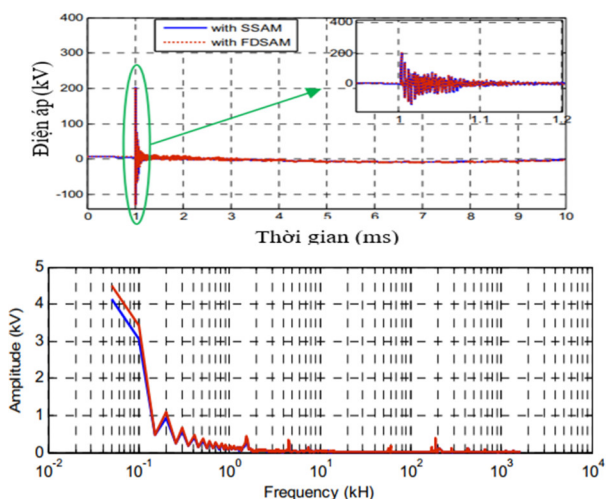


Hình 6. Dạng sóng quá điện áp và đáp ứng tần số qua pha A phía cao biến áp WT1

Tác động của mô hình bộ CSV có thể thu được bằng cách so sánh quá điện áp tại 3 vị trí nói trên thể hiện trong hình 6, 7 và 8. Sự khác biệt giữa các mô hình này là rõ ràng từ độ lớn trị số quá điện áp và đáp ứng tần số khi sử dụng mô hình phụ thuộc tần số của bộ CSV.



Hình 7. Dạng sóng quá điện áp và đáp ứng tần số qua pha A phía cao biến áp WT2

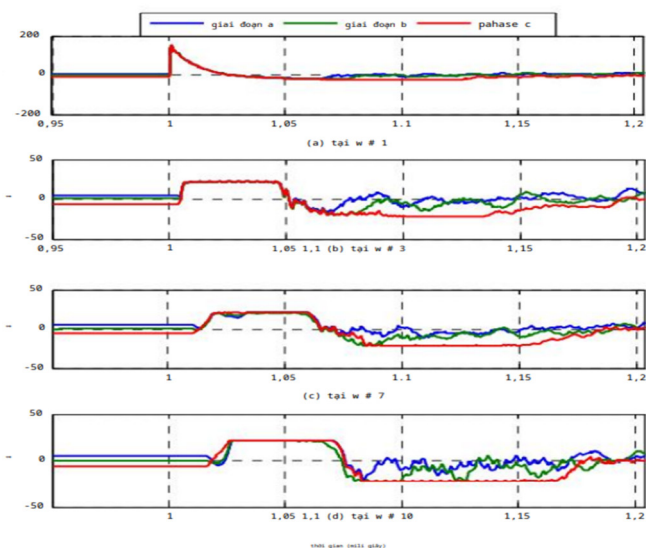


Hình 8. Dạng sóng quá điện áp và đáp tuyến tần số qua pha A ở phía sơ cấp của máy biến áp lưới

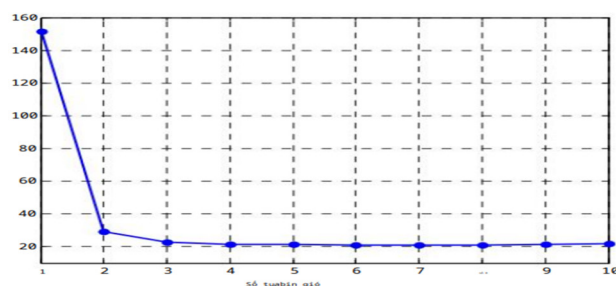
3.2. Quá điện của tuabin gió khi bị sét đánh

Quá điện áp trong trang trại điện gió bao gồm mười tuabin được phân tích khi xảy ra sét đánh, sóng quá điện áp sẽ lan truyền trong trang trại điện gió được phân tích và đánh giá. Hình 9 cho thấy các dạng sóng quá điện áp trên phía 6,6kV tại WT1, WT3, WT7 và WT10 và hình 10 cho thấy biên độ quá điện áp tại mỗi tuabin gió. Rõ ràng rằng, biên độ quá điện áp tăng mạnh tại tuabin gió bị sét đánh trực tiếp (tức là WT1) là giá trị cao nhất so với các tuabin khác như thể hiện rõ trong hình 9 và 10. Điều này là do sự gia tăng hoạt động của bộ CSV tại các tuabin khác, nơi tăng bộ CSV được lắp đặt tại tuabin gió hoạt động trong ngược chiều và đưa dòng điện ngược vào đường dây phân phối.

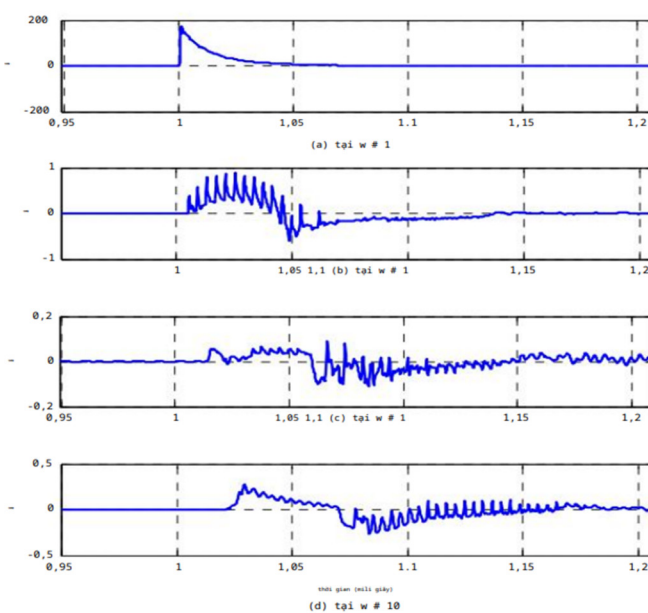
Giá trị của quá áp do dòng ngược phụ thuộc vào sự gia tăng điện áp từ hệ thống nối đất của các tuabin gió.



Hình 9. Các dạng sóng điện áp do sự lan truyền đột biến trong trang trại gió



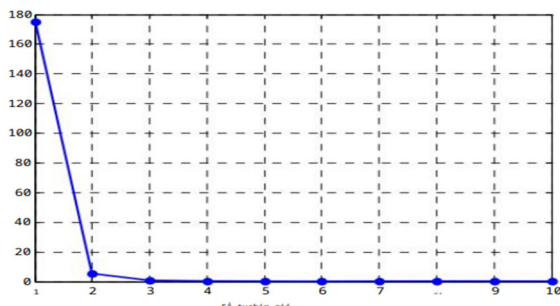
Hình 10. Quá điện áp tại phía điện áp cao của máy biến áp tăng áp (phía 6,6kV) của các tuabin gió trong trang trại



Hình 11. Các dạng sóng quá điện áp trên hệ thống nối đất các tuabin gió

Hình 11 và 12 cho thấy quá điện áp trên hệ thống nối đất tăng lên dọc theo trang trại gió khi sét đánh WT1. Từ

các tuabin gió WT3 đến WT10 quá điện áp trên hệ thống nối đất hầu như không ảnh hưởng do các bộ CVS đã làm việc tiêu tán dòng điện sét (hình 12).



Hình 12. Độ lớn quá điện áp trên hệ thống nối đất các tuabin gió khi sét đánh WT1

4. KẾT LUẬN

Tác động của bộ CSV và mô hình máy biến áp đã được nghiên cứu. Điều tra này đã được thực hiện trong miền thời gian cũng như miền tần số bằng FFT. Nghiên cứu bao gồm việc mô hình hóa tuabin gió, máy biến áp và cả thiết bị CSV phía trung áp và phía hạ áp. Các kết quả nghiên cứu sử dụng chương trình mô phỏng quá độ điện từ EMT/ATP. Các kết luận chính thu được từ các kết quả là.

Mô hình đề xuất của bộ CSV phía hạ áp bằng cách xác định lại các thông số của Pencitiet và các cộng sự đã được giới thiệu.

Để đánh giá và phân tích quá điện áp trong trang trại điện gió khi sử dụng bộ CSV thì mô hình phụ thuộc tần số phải được đưa vào mô hình thì kết quả nghiên cứu mới chính xác hơn. Biên độ điện áp tại các vị trí trong trang trại điện gió khi sét đánh vào một WT bất kỳ sử dụng mô hình CSV phụ thuộc tần số có trị số cao hơn so với sử dụng mô hình đơn giản. Điều đó nếu sử dụng mô hình đơn giản sẽ làm giảm mức độ nguy hiểm của quá điện áp trong trang trại điện gió khi sét đánh vào một WT bất kỳ.

Vai trò rất lớn của bộ CSV phía hạ áp và phía trung áp là làm giảm trị số quá điện áp trên hệ thống nối đất của tuabin gió giảm mức quá điện áp xông ngược từ hệ thống nối đất vào lưới điện.

Khi sét đánh vào WT1 thì các WT cách xa từ WT3 trở lên hầu như không bị ảnh hưởng mức quá điện áp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. IEC TR 61400-24, 2002. *Wind Turbine Generator Systems Part 24: Lightning Protection*.
 [2]. Y. Yasuda, N. Uno, H. Kobayashi, T. Funabashi, 2008. *Surge Analysis on Wind Farm When Winter Lightning Strikes*. *IEEE Trans. on Energy Conversion*, vol. 23, no. 1, pp. 257-262.
 [3]. Y. Yasuda, T. Funabashi, 2004. *Transient Analysis on Wind Farm Suffered from Lightning*. in Proc. 39th Int. Univ. Power Eng. Conference, pp. 202-206.
 [4]. Y. Yoh, F. Toshiaki, U. Toshiaki, 2007. *Transient Analysis of Ring Earth Electrode for Wind Turbine*. Proceedings of European Wind Energy Conference (EWE C).

[5]. Y. Yasuda, T. Funabashi 2004. *Analysis on Lightning Surge Propagation in Wind Farm*. Proceedings of International Conference on Electrical Engineering 2004, pp.121-124.
 [6]. Y. Yasuda, T. Funabashi, 2007. *Transient Analysis on Back-Flow Surge in Wind Farm due to Winter Lightning*. Proceedings of IX International Symposium on Lightning Protection Conference.
 [7]. Y. Yasuda, T. Funabashi, 2007. *Analysis on Back-Flow Surge in Wind Farms*, International Conference on Power Systems. Transients (IPST'07), Lyon, France.
 [8]. D. Romero, J. Montanya, A. Candela, 2010. *Behaviour of the Wind-Turbines under Lightning Strikes Including Nonlinear Grounding System*. International conference in Renewable Energy and Power Quality (ICREPQ'10) University of Granada.
 [9]. T. Hara, O. Yamamoto, 1996. *Modeling of a Transmission Tower for Lightning - Surge Analysis*. Proc. IEE, 143, 3, pp.283-289.
 [10]. Nguyen Quang Thuan, 2016. *Nghien cuu qua dien ap set va bao ve chong set cho tua bin gio co ket noi luoi dien*. PhD thesis, Hanoi University of Science and Technology.
 [11]. Martinez Juan A., Ferley Castro-Aranda, 2005. *Lightning performance analysis of overhead transmission lines using the EMT*. IEEE Transactions on Power Delivery 20.3, pp. 2200-2210.
 [12]. P. Pinceti, M. Giannettoni, 1999. *A simplified Model for Zinc Oxide Surge Arresters*. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 14, No. 2.
 [13]. IEEE working Group 3.4.11, 1992. *Application of surge protective devices subcommittee, Surge protective Devices Committee, "Modeling of Metal Oxide Surge Arresters"*. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 7, no. 1, pp. 302-309.
 [14]. M. C. Magro, M. Giannettoni, P. Pinceti, 2004. *Validation of ZnO Surge Arresters Model for Overvoltage Studies*. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 19, No. 4.
 [15]. N. A. Sabiha, M. Lehtonen, 2010. *Lightning induced overvoltages transmited over distributions transformer with MV spark-gap operation, part II: Mitigation using LV surge arrester*. IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 25, pp. 2565-2573.
 [16]. *Catalogue card 2617pl082-W1-en. Edition 08.2008, Low Voltage Surge Arrester*. http://www.cablejoints.co.uk/upload/Surge_Arresters.pdf, 2009.
 [17]. <http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/>
 [18]. Surge Arresters, 2009. *POLIM-D Datasheet*. www.abb.com/arrestersonline.
 [19]. A. Greenwood, 1991. *Electrical Transients in Power Systems*, Second Edition. John Wiley & Sons, Inc.
 [20]. IEEE Working Group 15.08.09, 1999. *Tutorial on Modeling and Analysis of system Transients using Digital Program*. IEEE PES Special Publication, TP-133-0, Chapter 3 and 4.
 [21]. S. D. Cho, 2002. *Parameter Estimation for Transformer Modeling*. Ph.D Thesis, Michigan Technological University.

AUTHORS INFORMATION

Le Chi Cong¹, Nguyen Van Dat¹, Nguyen Van Doanh¹, Doan Viet Duc¹, Nghiem Thi Thuy Nga², Dao Thi Lan Phuong³

¹2018DHDHEN06 - DHK14, Hanoi University of Industry

²Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Nam Dinh University of Technology Education

³Faculty of Electrical Engineering, Hanoi University of Industry