

# ẢNH HƯỞNG CỦA MỨC ĐỘ XÂM NHẬP CỦA NGUỒN ĐIỆN GIÓ ĐẾN ĐIỆN ÁP QUÁ ĐỘ TRÊN LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI

IMPACT ON PENETRATION LEVEL OF WIND TURBINE SYSTEM TO TRANSIENT VOLTAGE OF THE ELECTRICAL DISTRIBUTION NETWORK

Trần Anh Tùng<sup>1,\*</sup>

## TÓM TẮT

Nguồn điện gió xâm nhập ngày càng rộng rãi vào các lưới điện phân phối trong vai trò nguồn điện phân tán nhằm đáp ứng nhu cầu tiêu thụ điện năng ngày càng tăng. Tuy nhiên mức độ xâm nhập hay sự gia tăng công suất của dạng nguồn điện này có sự ảnh hưởng đáng kể đến sự ổn định của lưới điện phân phối và phương thức vận hành của các hệ thống bảo vệ. Bài báo này giới thiệu các kết quả mô phỏng điện áp quá độ của lưới điện phân phối trong điều kiện ngắn mạch gần nguồn điện gió và khi đóng nguồn điện gió vào lưới bằng chương trình quá độ điện từ EMTP-RV.

**Từ khóa:** Nguồn phân tán, tuabin gió, dao động điện áp, quá điện áp quá độ, EMTP.

## ABSTRACT

Modern wind turbines penetrate more and more widely inside distribution network as distributed generation in order to satisfy the energy demand. However, the integration level of this source has significant influence on the stability of distribution network and the operation of the protection system. This article presents the simulation results of the transient voltage bus in short circuit condition near the wind turbines location and in switching condition by using EMTP-RV program.

**Keywords:** Distributed generation, wind turbine, voltage fluctuation, transient overvoltage, EMTP.

<sup>1</sup>Khoa Kỹ thuật Điện, Trường Đại học Điện lực

\*Email: tungta@epu.edu.vn

Ngày nhận bài: 02/7/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 20/8/2022

Ngày chấp nhận đăng: 29/8/2022

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nguồn điện phân tán đã có sự phát triển mạnh mẽ trong các thập kỷ gần đây nhằm hỗ trợ một phần các nguồn điện truyền thống đang dần cạn kiệt. Sự xâm nhập của các nguồn PV và tuabin gió ngày càng rộng rãi và đi sâu vào các lưới điện phân phối [1-2]. Điều này đã dẫn đến những thay đổi rất lớn trong cách thức quản lý, vận hành so với các lưới điện truyền thống.

Sự có mặt của nguồn tuabin gió đã được nhiều nghiên cứu báo cáo về tác động đến sự ổn định của lưới điện như

dao động điện áp và tần số [3-5]. Đặc biệt, nguồn điện dạng này có thể làm đảo ngược trào lưu công suất và đường phân bố điện áp đối với cấu trúc phổ biến hình tia của các lưới điện phân phối. Điều này không chỉ tác động đến sự ổn định mà còn ảnh hưởng đến sự hoạt động của các hệ thống bảo vệ. Từ đó, nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng và đề xuất các giải pháp giải quyết vấn đề mức độ xâm nhập ngày càng lớn của nguồn điện gió là một nhiệm vụ rất quan trọng nhằm nâng cao độ tin cậy cung cấp điện trong các lưới điện hiện đại.

Bài báo này có mục đích xác định và phân tích ảnh hưởng của công suất nguồn điện gió đến điện áp quá độ của lưới điện phân phối khi ngắn mạch ba pha gần vị trí tuabin gió và khi đóng nguồn điện gió vào lưới. Các mô phỏng được thực hiện bằng chương trình quá độ điện từ EMTP-RV.

## 2. MÔ HÌNH LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI VÀ KỊCH BẢN MÔ PHỎNG

### 2.1. Mô hình lưới điện phân phối tích hợp tuabin gió

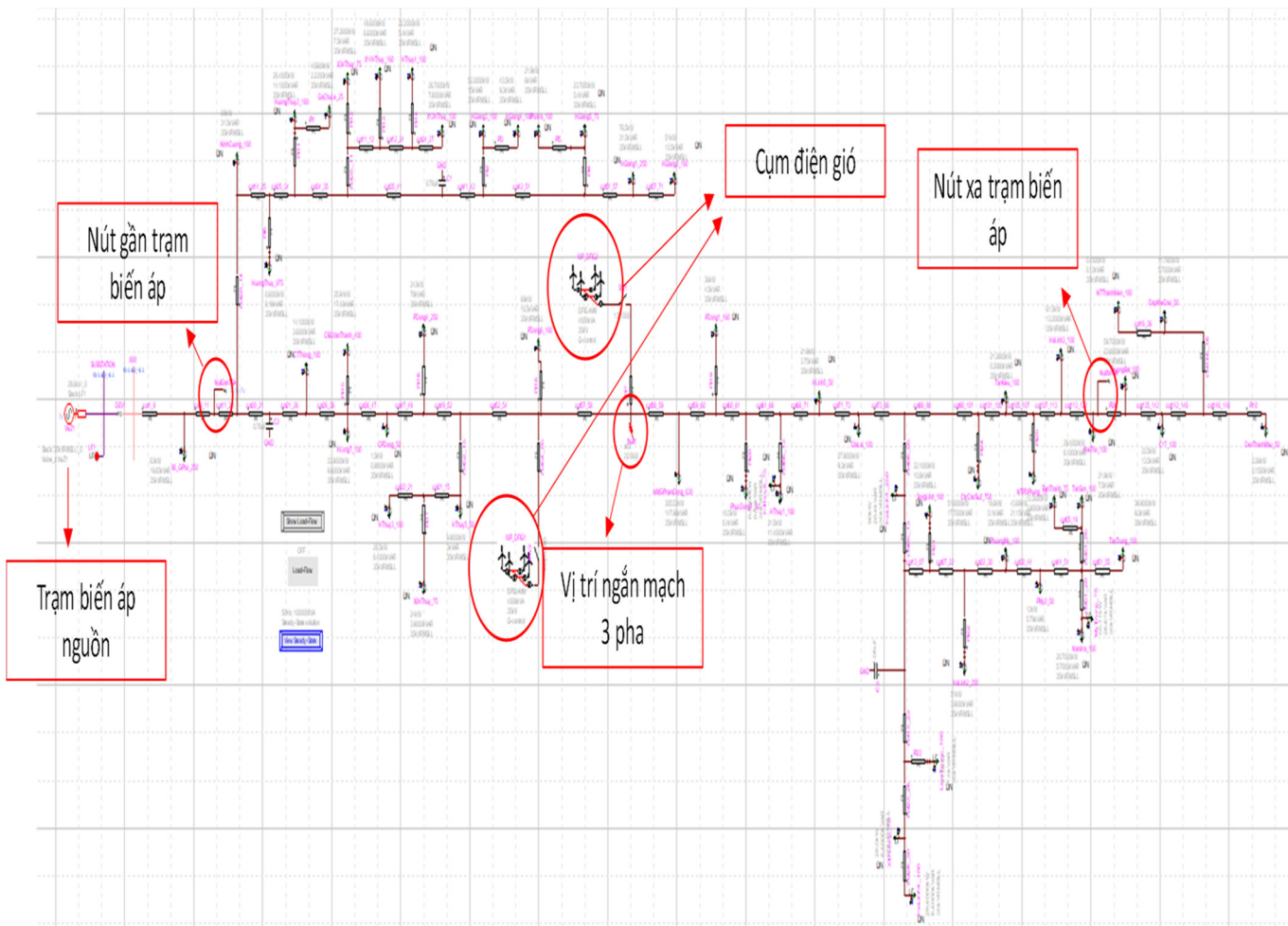
Lưới điện phân phối được mô phỏng trong nghiên cứu này là một xuất tuyến trung thế 35kV của Công ty Điện lực Hà Tĩnh. Hai cụm tuabin gió, công suất định mức mỗi cụm là 3600kW gồm 20 tuabin, được kết nối với trục chính của xuất tuyến tại các vị trí như minh họa trên sơ đồ mô phỏng EMTP (hình 1). Thông số cơ bản của các tuabin gió được giới thiệu trong bảng 1.

Các thông số mô phỏng trại điện gió sử dụng chương trình EMTP-RV được giới thiệu trên hình 2. Các tuabin gió được mô phỏng phát công suất tác dụng cực đại. Đặc tính công suất phát của các tuabin theo vận tốc gió được mô phỏng và báo cáo trong hình 3.

Nguồn điện được mô phỏng bởi một nguồn AC nối tiếp với một điện kháng hệ thống tính tới thanh cái trung thế của trạm biến áp (hình 4).

Bảng 1. Thông số của tuabin gió được sử dụng

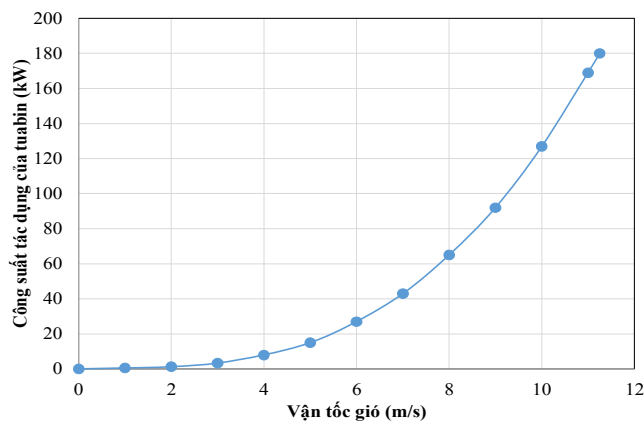
Số lượng tuabin gió của 1 cụm điện gió	20
Loại máy phát	DFIG
Công suất định mức 1 tuabin	180kW
Vận tốc gió định mức	11,25m/s



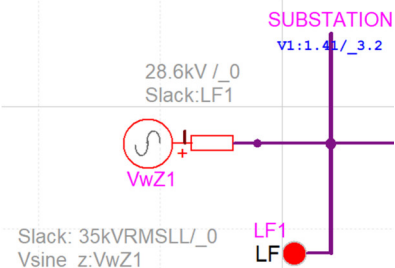
Hình 1. Sơ đồ mô phỏng lưới điện phân phối 35kV tích hợp nguồn điện gió bằng EMTP-RV

Wind park parameters	
Number of wind turbines	20
Frequency	50 Hz
Collector grid nominal voltage	6 kVRMSLL
Transmission grid nominal voltage	35 kVRMSLL
<input checked="" type="checkbox"/> Include zig-zag transformer on collector grid	
$R_0$	0.1265 $\Omega$
$L_0$	0.3831e-3 H
Wind park: Rated power = 4000kVA. Real power = 3600kW	
Single wind turbine parameters	
Wind turbine rated power	200 kVA
Wind turbine active power	180 kW
Generator nominal voltage	0.575 kVRMSLL
Filter reactive power	10 kVAR
Choke filter resistance	0.001 pu
Choke filter inductance	0.3 pu
Equivalent collector grid parameters	
<input checked="" type="checkbox"/> Include equivalent collector grid	
Equivalent resistance	0.1265 $\Omega$
Equivalent inductance	0.3831e-3 H
Equivalent capacitance	7e-6 F
Operating conditions	
Number of wind turbines in service	20
Q-control mode	Q-control
Reactive power reference	0 pu
Wind speed	11.25 m/s

Hình 2. Bảng thông số mô phỏng một cụm điện gió

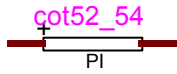


Hình 3. Đặc tính công suất phát của tuabin gió mô phỏng



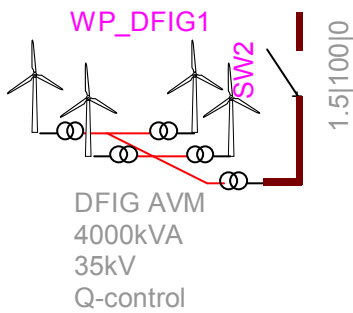
Hình 4. Mô hình mô phỏng nguồn điện lưới của xuất tuyến

Điện trở và điện kháng các đoạn trục chính và nhánh rẽ của xuất tuyến được nhập vào mô hình thông số đường dây dạng hình PI của EMTP như minh họa trên hình 5.



Hình 5. Mô hình mô phỏng đường dây trung thế

Các thiết bị đóng cắt trong phần nghiên cứu quá độ được mô phỏng bằng phần tử khóa như minh họa trên hình 6.



Hình 6. Mô hình mô phỏng thiết bị đóng cắt cho cụm điện gió

### 2.2. Kịch bản mô phỏng

Mục đích của nghiên cứu này là để đánh giá ảnh hưởng của công suất hay mức độ xâm nhập của nguồn điện gió tới điện áp của lưới điện phân phối. Từ đó các kịch bản mô phỏng sau được đặt ra:

**Kịch bản cơ sở:** ngắn mạch ba pha tại vị trí được xác định trên hình 1, không có nguồn gió tham gia phát điện vào lưới. Vị trí điểm ngắn mạch được chọn lân cận các cụm tuabin gió và có khoảng cách đến các cụm điện gió 1 và 2 là tương đương nhau.

**Kịch bản 1:** đánh giá ảnh hưởng của vị trí đặt các tuabin gió tại lân cận điểm sự cố ngắn mạch - sự dao động điện áp của các nút sự cố, các nút gần và xa trạm biến áp đầu xuất tuyến (chú thích trên hình 1).

**Kịch bản 2a và 2b:** đánh giá ảnh hưởng của công suất các nguồn điện gió tới điện áp quá độ khi đóng các nguồn này vào lưới.

Trong kịch bản cơ sở và kịch bản 1 khi ngắn mạch ba pha, các sự kiện theo trình tự thời gian diễn ra như sau:

- Mô phỏng chế độ xác lập với sự có mặt của nguồn điện gió ở công suất cực đại với tổng công suất 7200kW;

- Ngắt mạch ba pha tại  $t = 2s$ ;
- Ngắt mạch bị loại trừ tại  $t = 2,06s$ ;

Tổng thời gian mô phỏng quá độ là 5s.

Kịch bản 2 được mô phỏng như sau:

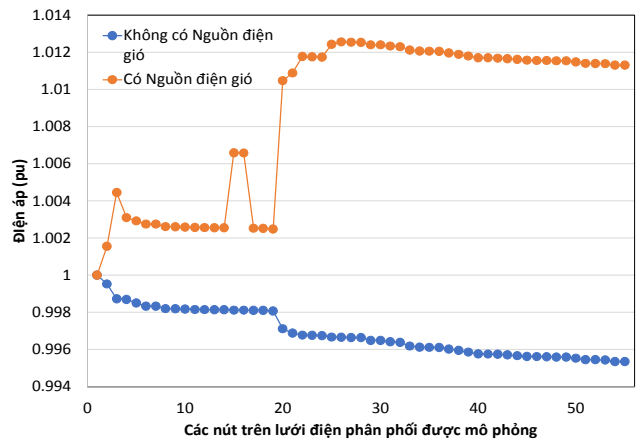
- Các khóa đóng cắt được đưa vào tại điểm kết nối giữa các trạm điện gió và lưới điện phân phối;

- Kịch bản 2a tương ứng khi đóng 3600kW điện gió tại  $t = 1,5s$ ;

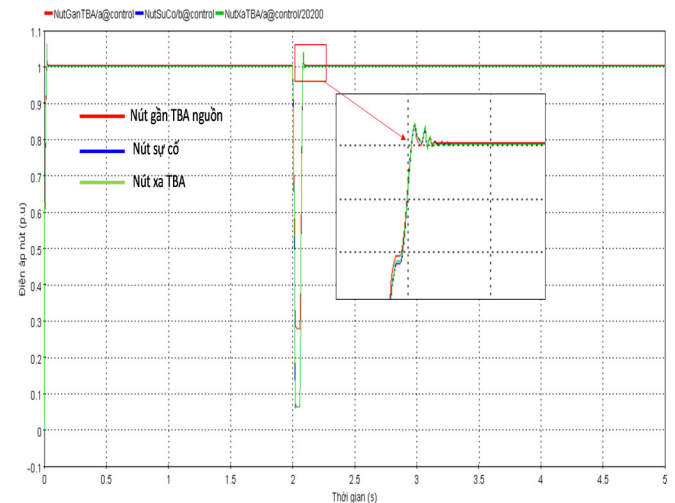
- Kịch bản 2b tương ứng khi đóng 7200kW điện gió tại  $t = 1,5s$ .

### 3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

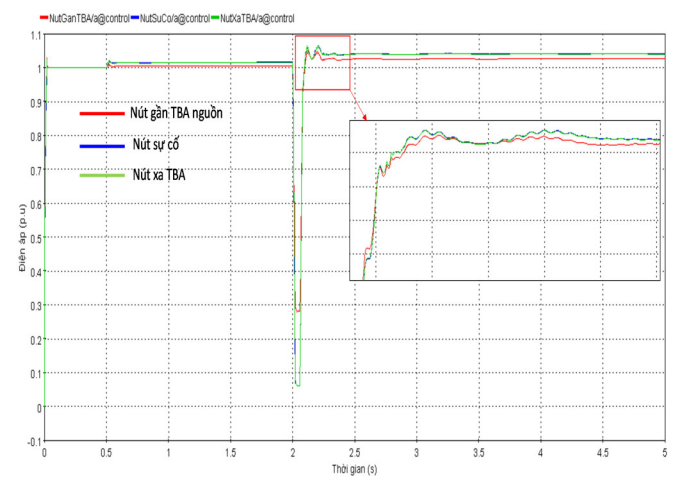
Mô phỏng chế độ xác lập cho phép xác định phân bố điện áp trên xuất tuyến của lưới điện trung thế khi không có và có tự tham gia của các nguồn điện gió (hình 7).



Hình 7. Phân bố điện áp trên xuất tuyến trong chế độ xác lập



Hình 8. Điện áp quá độ khi ngắn mạch ba pha tại các nút sự cố, nút gần trạm biến áp và nút xa trạm biến áp khi không có nguồn điện gió - Kịch bản cơ sở



Hình 9. Điện áp quá độ khi ngắn mạch ba pha tại các nút sự cố, nút gần trạm biến áp và nút xa trạm biến áp khi có nguồn điện gió - Kịch bản 1



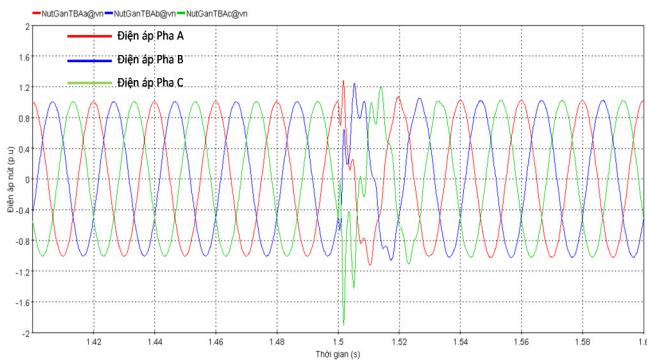
Kết quả mô phỏng cho thấy sự đảo ngược đường phân bố điện áp dọc theo xuất tuyến khi có sự tham gia của nguồn điện gió do trào lưu công suất cũng bị đảo ngược. Điện áp của toàn bộ các nút đều tăng so với trị số định mức, đặc biệt với các nút lân cận vị trí các cụm điện gió có trị số điện áp vào khoảng 1,013pu.

Các kịch bản mô phỏng quá trình quá độ khi xảy ra ngắn mạch được giới thiệu lần lượt trên hình 8 và 9.

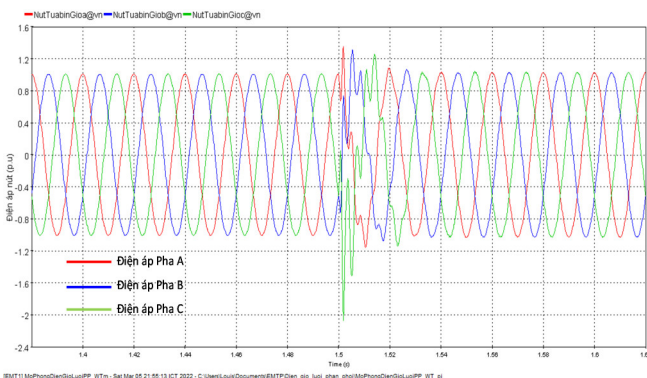
Trong kịch bản cơ sở, điện áp các nút ban đầu giảm thấp khi ngắn mạch với mức giảm xuống dưới mức 0,1pu với nút sự cố và nút xa nguồn. Khi sự cố được loại trừ, điện áp được hồi phục trở lại giá trị định mức 1pu.

Trong kịch bản 1, ban đầu điện áp các nút cũng giảm thấp khi ngắn mạch nhưng sau đó hồi phục và dao động trong khoảng 8 chu kỳ và tiến đến xác lập ở mức cao hơn trị số định mức. Sự dao động điện áp này do sự có mặt của các nguồn điện gió, đồng thời các nhiễu loạn này tác động đến điện áp của toàn bộ lưới điện bất kể vị trí của các nút so với điểm ngắn mạch.

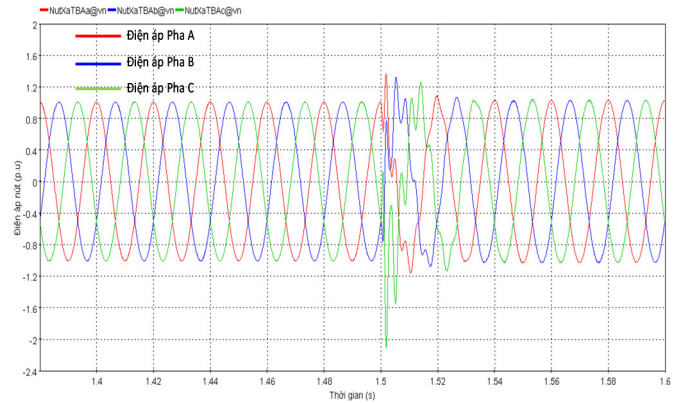
Trong kịch bản 2, quá điện áp quá độ được mô phỏng khi đóng các nguồn điện gió vào lưới với các công suất khác nhau tương ứng với các mức độ xâm nhập từ thấp đến cao của các nguồn này. Điện áp tại các nút gần trạm biến áp, nút gần cụm tuabin và nút xa trạm biến áp khi đóng 3600kW điện gió được giới thiệu trên hình 10, 11 và 12. Điện áp tại các nút khi đóng 7200kW điện gió được giới thiệu trên hình 13, 14 và 15.



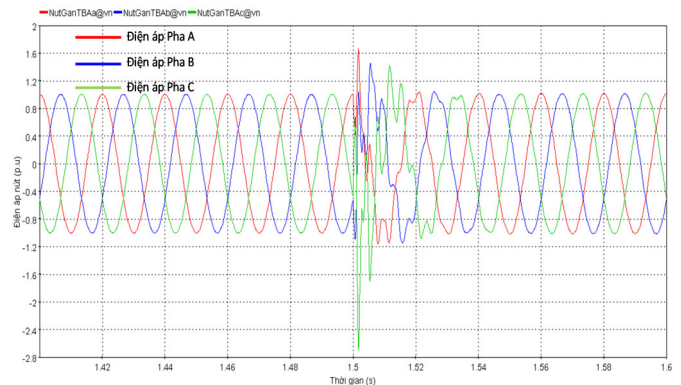
Hình 10. Quá điện áp quá độ tại nút gần trạm biến áp khi đóng 3600kW điện gió



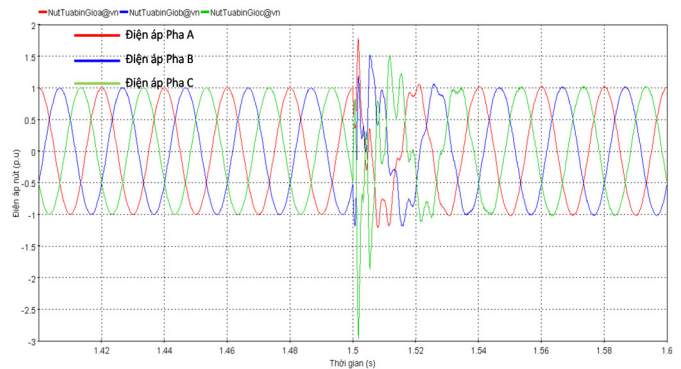
Hình 11. Quá điện áp quá độ tại nút lân cận các cụm điện gió khi đóng 3600kW điện gió



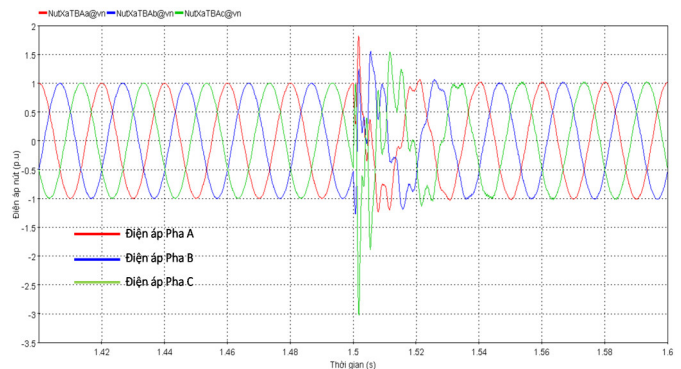
Hình 12. Quá điện áp quá độ tại nút xa trạm biến áp khi đóng 3600kW điện gió



Hình 13. Quá điện áp quá độ tại nút gần trạm biến áp khi đóng 7200kW điện gió

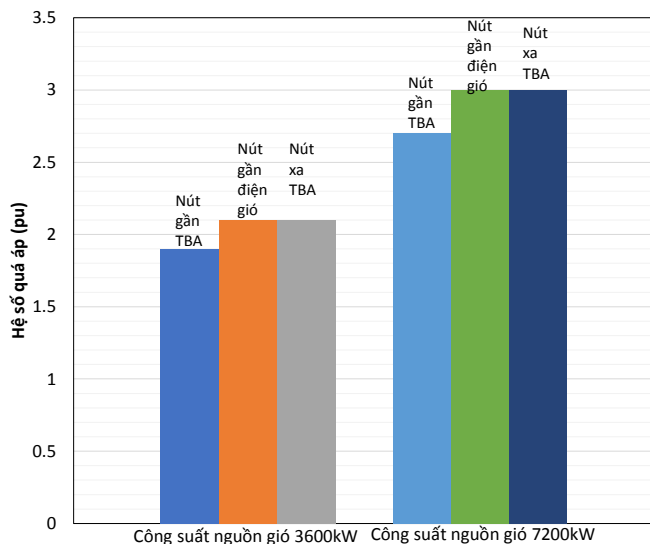


Hình 14. Quá điện áp quá độ tại nút lân cận các cụm điện gió khi đóng 7200kW điện gió



Hình 15. Quá điện áp quá độ tại nút xa trạm biến áp khi đóng 7200kW điện gió

Hiện tượng quá điện áp quá độ xuất hiện khi đóng các nguồn tuabin gió qua các máy biến áp nối lưới là do sự cộng hưởng của mạch MBA - cáp đấu nối từ tuabin gió. Hệ số quá điện áp tại các điểm nút được tổng hợp và giới thiệu trên hình 16. Kết quả mô phỏng cho thấy mức độ xâm nhập của các nguồn điện gió có ảnh hưởng đáng kể đến hệ số quá điện áp tại các điểm nút. Quá điện áp quá độ khi đóng các nguồn điện gió đồng thời cũng xuất hiện tại toàn bộ các nút của lưới điện bất kể vị trí so với các nguồn điện này.



Hình 16. Hệ số quá điện áp tại các nút

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo này giới thiệu các kết quả mô phỏng cho phép đánh giá và phân tích ảnh hưởng của mức độ xâm nhập các nguồn điện gió tới sự ổn định của lưới điện phân phối. Phân bố điện áp các nút trong chế độ xác lập bị đảo ngược và tăng so với trị số định mức do cấu trúc trào lưu công suất rẽ nhánh dưới sự tác động của các nguồn điện gió. Các mô phỏng quá độ cũng chỉ ra sự dao động điện áp của các nút khi có mặt các nguồn điện gió trong chế độ sự cố. Mức độ quá điện áp quá độ cũng được chỉ ra có sự khác biệt đáng kể phụ thuộc vào công suất của nguồn điện gió khi đóng vào lưới điện phân phối.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. P. Siano, G. Mokryani, 2013. *Probabilistic Assessment of the Impact of Wind Energy Integration Into Distribution Networks*. in IEEE Transactions on Power Systems, vol. 28, no. 4, pp. 4209-4217.

[2]. W. El-Khattam, T. S. Sidhu, R. Seethapathy, 2010. *Evaluation of Two Anti-Islanding Schemes for a Radial Distribution System Equipped With Self-Excited Induction Generator Wind Turbines*. in IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 25, no. 1, pp. 107-117.

[3]. Peng Wang, R. Billinton, 2001. *Reliability benefit analysis of adding WTG to a distribution system*. in IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 16, no. 2, pp. 134-139, June 2001.

[4]. H. S. An, S. Y. Hyeong, M. H. Choi, S. H. Bae, I. Seong, N. H. Song, 2014. *A study of interconnections between renewable energy source and 22.9kV-Y distribution power system in Korea*. in 2014 International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA), 2014, pp. 147-152.

[5]. A. Soroudi, 2012. *Possibilistic-Scenario Model for DG Impact Assessment on Distribution Networks in an Uncertain Environment*. in IEEE Transactions on Power Systems, vol. 27, no. 3, pp. 1283-1293.

#### AUTHOR INFORMATION

**Tran Anh Tung**

Faculty of Electrical Engineering, Electric Power University