

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỆN GIÓ CÔNG SUẤT NHỎ VÀO LƯỚI ĐIỆN HẠ THẾ

STUDYING THE EFFECTS OF THE SMALL WIND TURBINES ON THE LOW VOLTAGE GRID

Trương Đình Nhơn¹, Hoàng An Quốc¹, Ngô Văn Thuỳên¹, Nguyễn Thị Mi Sa¹,
 Tiêu Xuân Hoàng², Nguyễn Tùng Linh^{2*}, Bùi Quang Tú³, Trần Phương Nam⁴

TÓM TẮT

Nội dung nghiên cứu của bài báo trình bày về các ảnh hưởng của nguồn điện gió công suất nhỏ khi kết nối lưới hạ thế của hệ thống điện. Các kết quả mô phỏng được thực hiện trên tuyến đường 30/4, lối vào khu du lịch 30/4, xã Long Hòa, huyện Cần Giuộc, Thành phố Hồ Chí Minh. Các kết quả mô phỏng trong miền thời gian được thực hiện trong môi trường Matlab/Simulink khi hệ thống xảy ra các sự cố như ngắn mạch 3 pha, ngắn mạch 1 pha trong trường hợp chưa gắn tua-bin gió hoặc khi gắn tua-bin gió vận hành với tốc độ gió cố định và khi tốc độ gió thay đổi đột ngột. Từ các kết quả mô phỏng này ta có thể kết luận rằng bằng cách phân tích Fourier nhanh (FFT), đã cho thấy được càng nhiều tua-bin gió thì tổng độ méo hài (THD%) càng lớn, thời gian phục hồi điện áp và dòng điện càng tăng làm ảnh hưởng đến chất lượng điện năng của lưới điện hạ thế.

Từ khóa: Tua-bin gió công suất nhỏ, ngắn mạch, phân tích FFT, THD%.

ABSTRACT

The research content of this paper presents the effects of small capacity wind turbines when connecting to the low voltage grid of the power system. The simulation results were performed on the 30/4 street, 30/4 tourist area entrance, Long Hoa commune, Can Gio district, Ho Chi Minh city. Time domain simulation results are performed in the Matlab/Simulink when the system has problems such as 3-phase short-circuit, 1-phase short-circuit in case of without wind turbine or with wind turbines operate at a fixed wind speed and when the wind speed changes abruptly. From these simulation results it can be concluded that by using Fast Fourier Transform (FFT) analysis it was shown that the more wind turbines installed, the greater the Total Harmonic Distortion (THD%) as well as increasing the settling time of voltage and current that will give the negative affect to the power quality of the grid.

Keywords: Short-circuit, small capacity wind turbines, FFT analysis, THD%.

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

²Trường Đại học Điện lực

³Trường Cao đẳng nghề Tây Ninh

⁴Trường Cao đẳng nghề Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: linhnt@epu.edu.vn

Ngày nhận bài: 20/5/2021

Ngày hạn bài sửa sau phản biện: 29/6/2021

Ngày chấp nhận đăng: 25/8/2021

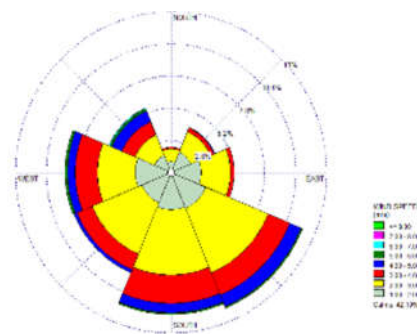
1. GIỚI THIỆU

Khi mức tiêu thụ năng lượng hóa thạch và mức độ ô nhiễm môi trường không ngừng tăng lên thì việc tìm kiếm

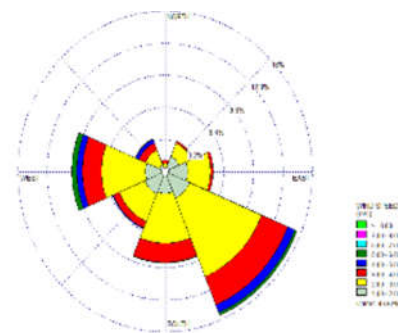
các nguồn năng lượng mới là rất cần thiết cho khủng hoảng năng lượng của Việt Nam hiện nay. Từ năm 2011, nước ta đã xây dựng một loạt các chính sách công nghiệp dựa trên luật năng lượng tái tạo. Trong những năm gần đây, các luật, quy định, chính sách và các chương trình về sản xuất năng lượng tái tạo đã được đưa ra để khuyến khích phát triển năng lượng tái tạo. So với các thể hệ năng lượng mới khác, điện gió là năng lượng rẻ nhất và có lợi thế rõ ràng, đặc biệt là điện gió công suất nhỏ [1, 2].

Trên thế giới có nhiều công trình đã nghiên cứu về việc tích hợp các hệ thống điện tái tạo mà đặc biệt là điện gió công suất nhỏ vào lưới hạ thế [3-5]. Tuy nhiên, để đánh giá chính xác các tác động này thì cần phải thực hiện trên hệ thống điện cụ thể.

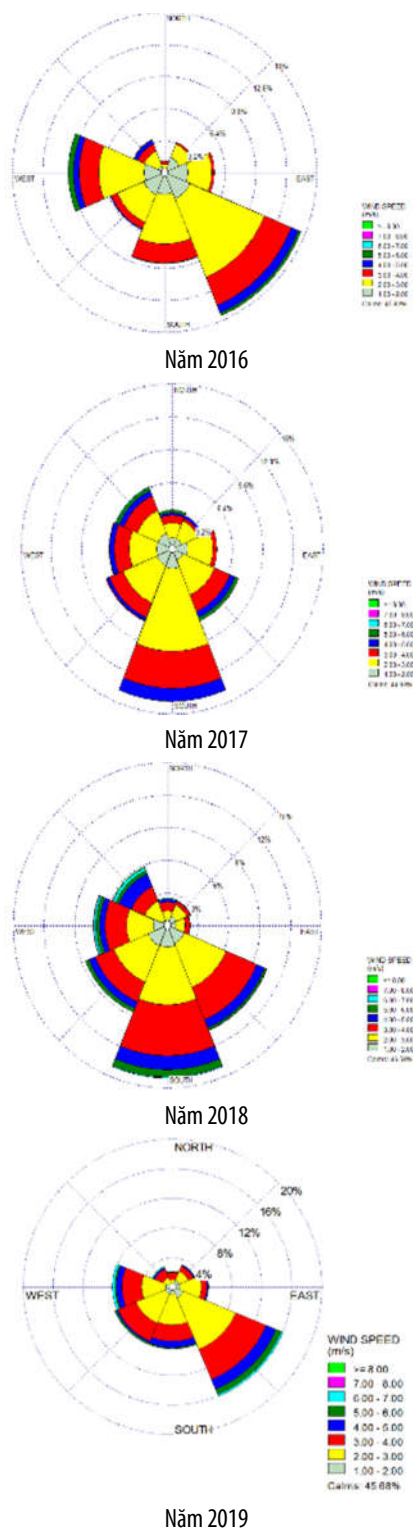
Với tiềm năng về năng lượng gió tại Thành phố Hồ Chí Minh (TPHCM) được ghi nhận từ năm 2014 đến năm 2019 như thể hiện bằng các hoa gió trong hình 1 đã cho thấy ưu điểm về ứng dụng năng lượng gió để phát điện tại các vùng ven biển là khá lớn.



Năm 2014



Năm 2015

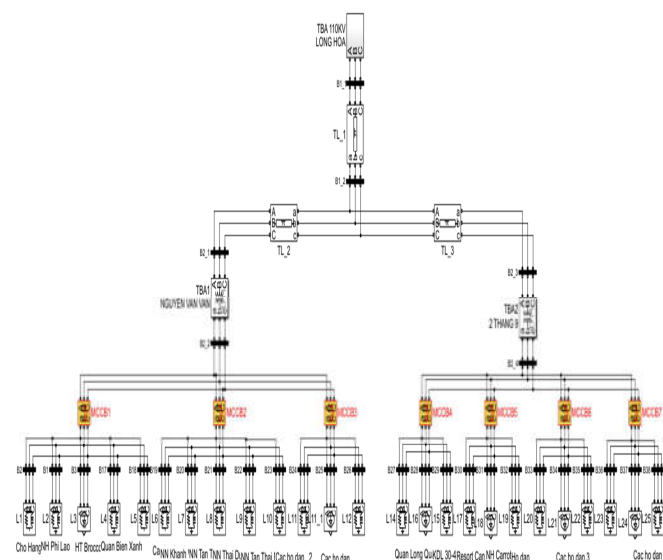


Hình 1. Hoa gió trạm Nhà Bè - Cần Giờ từ năm 2014 đến năm 2019

Do đó, trong bài báo này, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu các ảnh hưởng của việc tích hợp các tua-bin gió công suất nhỏ vào lưới hạ thế khu vực ven biển TPHCM, cụ thể là đường 30/4, khu du lịch 30/4 thuộc xã Long Hòa, huyện Cần Giờ, TPHCM, kiểm tra cả độ ổn định điện áp, dòng điện, công suất của lưới điện trong các tình huống vận hành khác nhau.

2. HỆ THỐNG NGHIÊN CỨU

Để tiến hành nghiên cứu sự ảnh hưởng của điện gió công suất nhỏ đến lưới điện hạ thế, trong bài báo này tác giả chọn hệ thống điện trên tuyến đường 30/4, lối vào khu du lịch 30/4, xã Long Hòa, huyện Cần Giờ, TPHCM để tiến hành mô hình hóa và mô phỏng như kết quả thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Mô hình sơ đồ hệ thống điện nghiên cứu trong Matlab/Simulink

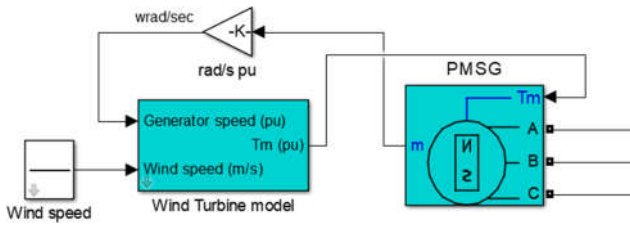
Hệ thống điện nghiên cứu là lưới điện hạ thế 22kV được rẽ nhánh từ trạm 110kV thuộc xã Long Hòa, huyện Cần Giờ, TPHCM, lối vào đường 30/4 khu du lịch biển Cần Giờ. Để đơn giản trong việc mô tả hệ thống điện nghiên cứu cũng như xét đến ảnh hưởng của các tua-bin gió trong hệ thống này, nhóm tác giả chỉ nghiên cứu 2 trạm hạ thế là trạm Nguyễn Văn Vãn 250kVA gồm 3 CB 250A cung cấp cho khoảng 13 phụ tải (170kVA) và trạm 2/9 400kVA gồm 4 CB 250A cung cấp cho khoảng 12 phụ tải (190kVA) khu vực trực dọc đường 30/4.

Các tua-bin gió sử dụng máy phát điện nam châm vĩnh cửu (PMSG) 3 pha tích hợp dự trữ, inverter là các thiết bị điện tử công suất để điều khiển hoạt động của máy phát có tổng công suất là 9kW. Các thiết bị điện tử công suất cho phép linh hoạt đáng kể trong việc cung cấp năng lượng cho lưới điện và cũng chính đây là nguyên nhân gây ra một số ảnh hưởng khi tích hợp tua-bin vào lưới như sóng hài, sự chập chờn điện áp... khi tốc độ gió thay đổi hoặc các sự cố nghiêm trọng, làm ảnh hưởng đến chất lượng điện năng. Các tua-bin gió được đề xuất gắn ở các vị trí sau:

- Khu vực Chợ Hàng Dương
- Khu Resort Cần giờ
- BQL khu du lịch 30/4

Mô hình toán học của máy phát điện PMSG

Trong nghiên cứu này, tua-bin gió có công suất 3kW, 3 cánh, điện áp ra 120VDC, tốc độ gió khởi động 2m/s, tốc độ gió danh định 12m/s, tốc độ gió tối đa 35m/s [4, 5].



Hình 3. Mô hình máy phát điện tua-bin gió

Với máy phát PMSG này thì phương trình toán học được mô tả như sau [4,5]:

- Phương trình điện áp và dòng điện:

$$\frac{d}{dt} i_d = \frac{V_d}{L_d} - \frac{R_s}{L_d} i_d + \frac{L_q}{L_d} \omega_e i_d \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt} i_q = \frac{V_q}{L_d} - \frac{R_s}{L_d} i_q + \frac{L_d}{L_d} \omega_e i_d - \frac{\lambda_0 \omega_e}{L_q} \quad (2)$$

Với $\omega_e = p\omega_m$

- Phương trình mô men điện từ trong máy phát PMSG được mô tả bởi phương trình sau:

$$T_e = 1,5p[\lambda_0 i_q + (L_d - L_q) i_d i_q] (N.m) \quad (3)$$

Trong đó:

L_d, L_q : Độ tự cảm của máy phát trên trục d và q (H)

R_s : Điện trở Stator

i_d, i_q : Dòng điện trên trục d và trục q (A)

V_d, V_q : Điện thế trục d và trục q (V)

ω_m : Tốc độ góc Rotor (rad/s)

λ_0 : Từ thông của nam châm vĩnh cửu (Wb)

p : số cặp cực

- Phương trình biến đổi Park chuyển đổi giữa hệ tọa độ quay dq và hệ tọa độ 3 pha abc và ngược lại được thực hiện bởi phép biến đổi park cho dưới đây:

$$\begin{bmatrix} f_q \\ f_d \\ f_0 \end{bmatrix} = [T_{qd0}] \begin{bmatrix} f_a \\ f_b \\ f_c \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\text{Và } \begin{bmatrix} f_a \\ f_b \\ f_c \end{bmatrix} = [T_{qd0}]^{-1} \begin{bmatrix} f_q \\ f_d \\ f_0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

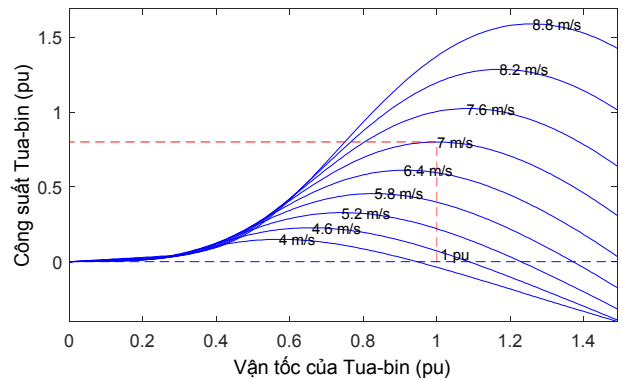
$$f_d = \frac{2}{3} \left[f_a \cos \theta_e + f_b \cos \left(\theta_e - \frac{2\pi}{3} \right) + f_c \cos \left(\theta_e + \frac{2\pi}{3} \right) \right] \quad (6a)$$

$$f_q = -\frac{2}{3} \left[f_a \sin \theta_e + f_b \sin \left(\theta_e - \frac{2\pi}{3} \right) + f_c \sin \left(\theta_e + \frac{2\pi}{3} \right) \right] \quad (6b)$$

$$f_a = f_d \cos \theta_e - f_q \sin \theta_e \quad (7a)$$

$$f_b = f_d \cos \left(\theta_e - \frac{2\pi}{3} \right) - f_q \sin \left(\theta_e - \frac{2\pi}{3} \right) \quad (7b)$$

$$f_c = f_d \cos \left(\theta_e + \frac{2\pi}{3} \right) - f_q \sin \left(\theta_e + \frac{2\pi}{3} \right) \quad (7c)$$



Hình 4. Đặc tính công suất của tua-bin gió

Hình 4 cho thấy đặc tính công suất phổ biến của tua-bin gió với các tốc độ gió khác nhau. Nó cho thấy sự thay đổi công suất đầu ra của tua-bin gió với tốc độ gió khác nhau. Ở đây tua-bin đạt công suất tối đa khi tốc độ gió ở mức 7m/s và tốc độ định mức của máy phát là 1p.u. Rõ ràng là nếu được yêu cầu, đầu ra của tuabin gió có thể được thay đổi bằng cách thay đổi tốc độ cánh quạt với tốc độ gió đặt trước, chẳng hạn 7m/s. Đầu ra của phía rôto/máy phát bộ chuyển đổi được thao tác để kiểm soát công suất đầu ra của tua-bin gió.

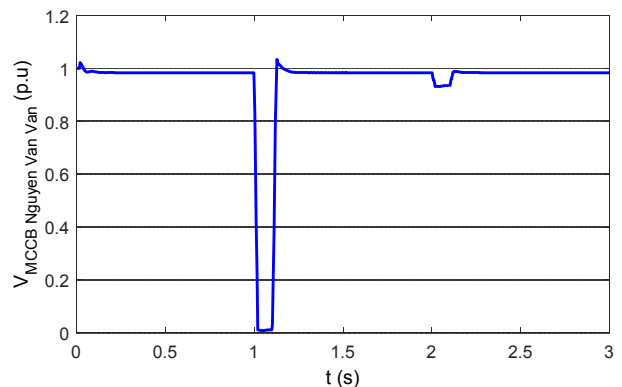
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Khi chưa gắn tua-bin gió

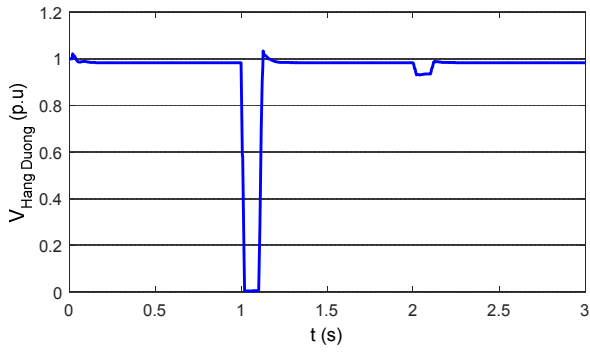
Khi chưa có các máy phát điện gió, giả sử xảy ra sự cố ngắn mạch 3 pha tại MCCB1 vào thời điểm 1 giây và ngắn mạch 1 pha tại MCCB7 vào thời điểm 2 giây. Kết quả mô phỏng giá trị điện áp tại MCCB Nguyễn Văn Vãn và chợ Hàng Dương được thể hiện trong hình 5 và 6.

Từ kết quả này ta nhận thấy rằng, khi xảy ra sự cố ngắn mạch 3 pha MCC1 tại thời điểm 1s, điện áp tại các tải L1 (Chợ Hàng Dương), MCCB Nguyễn Văn Vãn giảm xuống 0 và nhanh chóng phục hồi trong 0,1s.

Khi ngắn mạch 1 pha MCC7 tại thời điểm 2s thì sụt áp ở MCCB Nguyễn Văn Vãn giảm không đáng kể và cũng nhanh chóng phục hồi.



Hình 5. Điện áp tại MCCB Nguyễn Văn Vãn khi ngắn mạch

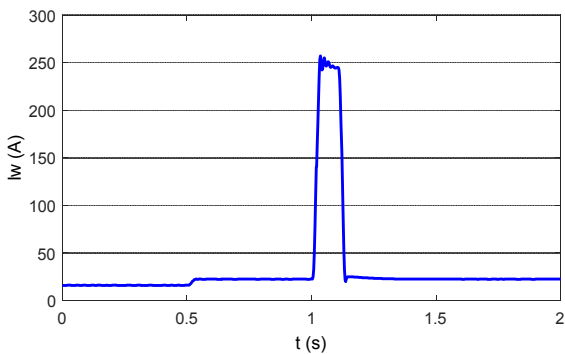


Hình 6. Điện áp tại chợ Hàng Dương khi ngắn mạch

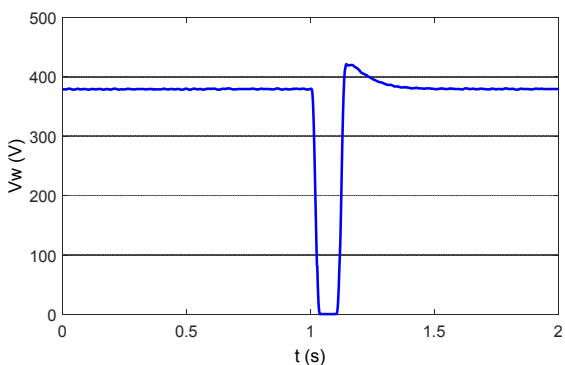
3.2. Khi gần tua-bin gió

Khi tốc độ gió ổn định ở mức 8m/s, tại thời điểm 0,5s đóng tải 2.500W và thời điểm 1s bị ngắn mạch 3 pha trong thời gian 0,1s. Các kết quả mô phỏng của dòng điện và điện áp của tua-bin lần lượt được trình bày trong hình 7 và 8.

Dựa vào các đồ thị kết quả mô phỏng, khi tốc độ gió ổn định ở mức 8m/s, đóng tải 2.500W đột ngột tại thời điểm 0,5s thì điện áp, dòng điện của tua-bin tăng không đáng kể. Tuy nhiên, khi ngắn mạch 3 pha trong thời gian 0,1s tại thời điểm 1s thì điện áp xuống 0V và nhanh chóng phục hồi, dòng điện thì ngược lại đột ngột tăng đến 250A.



Hình 7. Dòng điện tua-bin gió

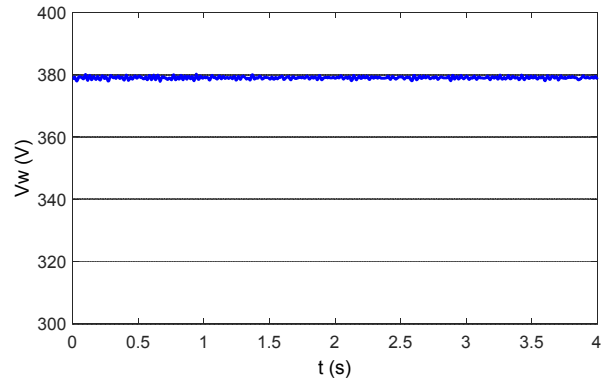


Hình 8. Điện áp tua-bin gió

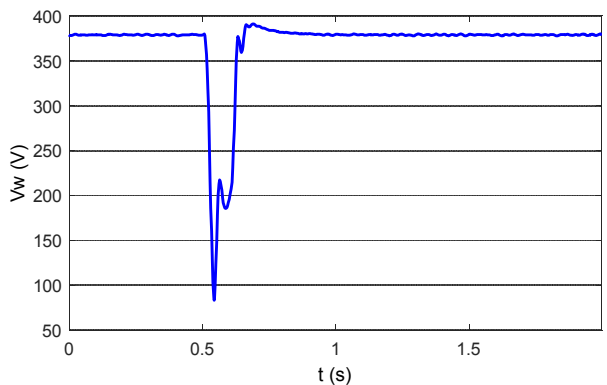
Khi tốc độ gió thay đổi từ 8m/s xuống 6m/s tại thời gian 1,5s với tải không đổi thì điện áp của tua-bin vẫn ổn định như trong hình 9.

Tiến hành thử nghiệm sự cố ngắn mạch 1 pha tại MCC7 tại 0,5s với tốc độ gió ổn định 8m/s, điện áp đầu ra tua-bin xuống 0V, dao động chút ít rồi trở về ban đầu, ngược lại

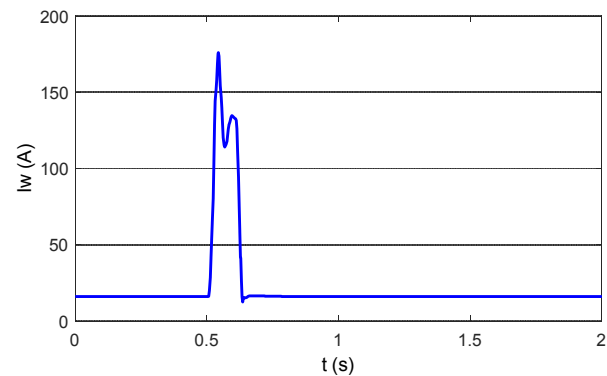
dòng điện tăng cao gần 200A tại 0,5s, dao động chút ít trước khi phục hồi như trong hình 10 và 11.



Hình 9. Điện áp tua-bin gió



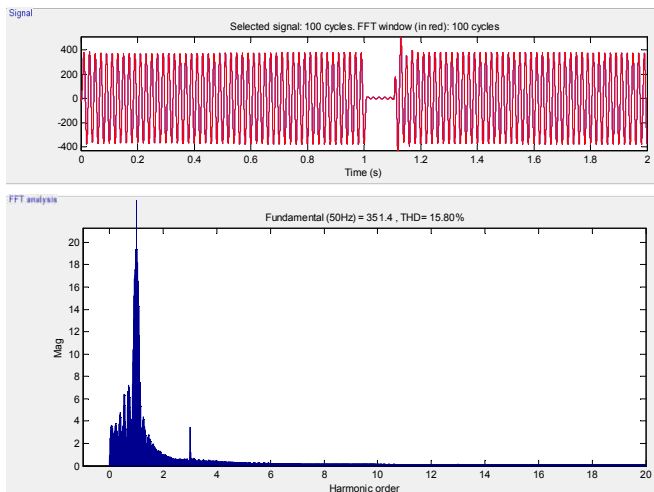
Hình 10. Điện áp tua-bin gió



Hình 11. Dòng điện tua-bin gió

3.3. Phân tích FFT của điện áp tại tua-bin gió khi ngắn mạch 1 pha MCC7 tại 1s

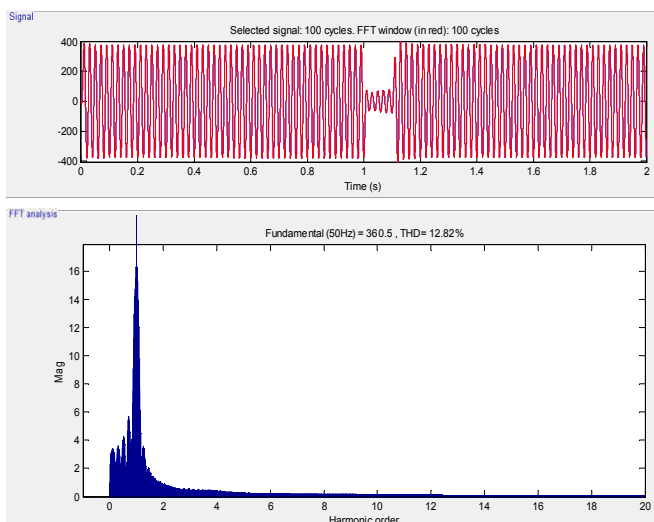
Hệ thống chuyển đổi năng lượng gió của máy PMSG được kết nối với tải ba pha thông qua các bộ chuyển đổi (AC/DC/AC). Sóng hài là gây ra bởi những hệ thống chuyển đổi này. Để giảm các sóng hài này cần sử dụng một bộ lọc. Có hai loại bộ lọc thường được sử dụng, bộ lọc chủ động và bộ lọc thụ động. Để phân tích mức độ sóng hài của hai bộ chuyển đổi AC/DC làm việc ở tốc độ gió khác nhau, ta sử dụng phương pháp biến đổi Fourier nhanh (FFT) để xác định sóng hài. Kết quả phân tích FFT điện áp tại tua-bin gió được thể hiện ở hình 12.



Hình 12. Phân tích FFT của điện áp tua-bin

Dựa vào phân tích FFT này ta nhận thấy rằng tổng méo hài khi có sự cố ở điều kiện có tải là 15,8%, chủ yếu là bậc 1 ở tần số cơ bản 50Hz.

Kết quả phân tích FFT ở hình 13 cho thấy tổng méo hài điện áp tại bus xa nhất so với điểm ngắn mạch thấp hơn tại tua-bin gió, cụ thể là 12,82%, thấp hơn 2,98%.

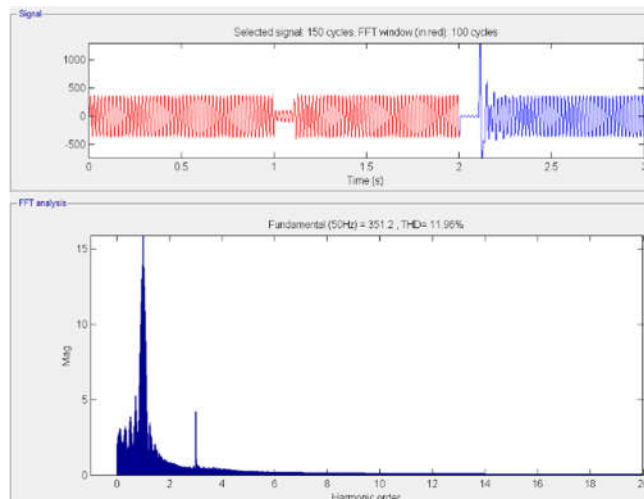


Hình 13. Phân tích FFT điện áp tại bus xa nhất so với điểm ngắn mạch

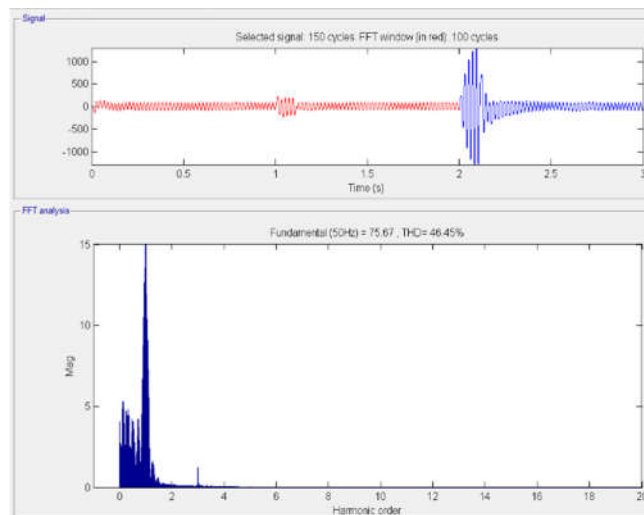
3.4. Phân tích khả năng tích hợp tuabin gió vào lưới hạ thế

Để đánh giá mức độ ảnh hưởng của việc lắp đặt điện gió công suất nhỏ vào lưới hạ thế, tác giả tiến hành lắp đặt thêm 3 máy phát điện gió (mỗi tua-bin có công suất 3kW) tại hệ dân (MCCB7) và tiến hành mô phỏng sự cố ngắn mạch 1 pha tại MCCB7 khi tốc độ gió là 5m/s.

Tiến hành phân tích FFT điện áp và dòng điện tại tua-bin gió khi ngắn mạch 3 pha chợ Hàng Dương và 1 pha tại hệ dân gần tua-bin gió ta có kết quả như trong hình 14 và 15. Từ các kết quả phân tích FFT này ta thấy rằng với biên độ điện áp đỉnh 351,2V thì tổng độ méo hài THD = 11,96% và với biên độ dòng điện đỉnh 75,67A thì tổng độ méo hài THD = 46,45% cao hơn so với khi chưa gắn tua-bin gió.



Hình 14. Phân tích FFT điện áp tại tua-bin gió khi ngắn mạch 3 pha chợ Hàng Dương và 1 pha tại hệ dân gần tua-bin gió



Hình 15. Phân tích FFT dòng điện tại tua-bin gió khi ngắn mạch 3 pha chợ Hàng Dương và 1 pha tại hệ dân gần tua-bin gió

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày việc phân tích và đánh giá những ảnh hưởng của việc tích hợp các tua-bin điện gió công suất nhỏ vào lưới điện hạ thế tại khu vực huyện Cần Giờ, TPHCM. Các kết quả mô phỏng trên công cụ Simulink của phần mềm Matlab đã được thực hiện trên các điều kiện vận hành khác nhau của hệ thống điện như sự cố ngắn mạch 3 pha, hoặc khi tốc độ gió thay đổi đột ngột. Có thể kết luận từ các kết quả nghiên cứu rằng càng nhiều tua-bin gió thì tổng độ méo hài càng lớn, thời gian phục hồi điện áp và dòng điện càng tăng làm ảnh hưởng đến chất lượng điện năng của lưới điện. Để giải quyết vấn đề này, nhóm tác giả xin đề xuất một số giải pháp để nâng cao độ ổn định của hệ thống như sau:

- Sử dụng giải thuật thông minh để điều khiển tối ưu các nguồn công suất phân tán nhằm giảm các ảnh hưởng đến lưới hạ thế khi tích hợp điện gió công suất nhỏ.
- Có thể kết hợp các thiết bị FACTS để nâng cao khả năng hoạt động ổn định của hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ujjwal Datta, Akhtar Kalam, Juan Shi, 2018. *Hybrid PV–wind renewable energy sources for microgrid application: an overview*. Hybrid-Renewable Energy Systems in Microgrids - Integration, Developments and Control, Pages 1-22.
- [2]. G. M. Shafiullah, Amanullah M. T. Oo, A.B.M. ShawkatAli, Alex Stojcevski, 2013. *Influences of Wind Energy Integration into the Distribution Network*. Hindawi Publishing Corporation Journal of Wind Energy Volume 2013, Article ID 903057.
- [3]. Liu Y., Zhang J., 2018. *Research on the Effects of Wind Power Grid to the Distribution Network of Henan Province*. Advances in Materials, Machinery, Electronics II AIP Conf. Proc. Published by AIP Publishing.
- [4]. Nikolaus Reuther, Jean-Paul Thull, 2011. *Feasibility Study of Small and Micro Wind Turbines for Residential Use in New Zealand An analysis of technical implementation, spatial planning processes and of economic viability of small and micro scale wind energy generation systems for residential use in New Zealand*. LEaP Research Report No. 30.
- [5]. L. Wang, C. Lam, M. Wong, 2018. *Analysis, Control, and Design of a Hybrid Grid-Connected Inverter for Renewable Energy Generation with Power Quality Conditioning*. in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 33, no. 8, pp. 6755-6768.

AUTHORS INFORMATION

**Truong Dinh Nhon¹, Hoang An Quoc¹, Ngo Van Thuyen¹,
Nguyen Thi Mi Sa¹, Tieu Xuan Hoang², Nguyen Tung Linh²,
Bui Quang Tu³, Tran Phuong Nam⁴**

¹Ho Chi Minh City University of Technology and Education

²Electric Power University

³Tay Ninh Vocational College

⁴Ho Chi Minh City Vocational College