

# MÔ PHỎNG ẢNH HƯỞNG CỦA NHÀ MÁY PHÁT ĐIỆN CHẠY BẰNG SỨC GIÓ Ở BÌNH ĐỊNH ĐẾN LƯỚI ĐIỆN QUỐC GIA SỬ DỤNG PHẦN MỀM MATLAB - SIMULINK

TO MODELS THE INFLUENCE OF WIND-POWER STATION IN BINH DINH  
ON THE NATIONAL ELECTRICITY GRID USING MATLAB-SIMULINK

**Bùi Đình Tiểu, Trần Văn Thịnh**  
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

**Nguyễn Duy Khiêm**  
Trường Đại học Quy Nhơn

## TÓM TẮT

Đối với các hệ thống phát điện chạy bằng sức gió, việc hòa lưới là bài toán rất quan trọng. Bởi vì tốc độ gió luôn thay đổi làm cho tần số và công suất phát của hệ thống này thay đổi rõ rệt. Có nhiều phương pháp cấp điện lên lưới khác nhau, trong bài báo này các mô phỏng sẽ được tiến hành trên mô hình cấp điện sử dụng máy phát không đồng bộ nguồn kép. Đây là một trong những mô hình có nhiều ưu điểm, hiện đang được ứng dụng rộng rãi trong hệ thống phát điện chạy bằng sức gió và cũng là mô hình mà dự án nhà máy điện gió Phương Mai 3 - Bình Định đang áp dụng. Kết quả mô phỏng tập trung vào việc: khảo sát ảnh hưởng của tốc độ gió tới chất lượng điện áp và công suất của nhà máy khi phát lên lưới thông qua độ méo hài và đường cong công suất phát thực của nhà máy theo tốc độ gió; mô phỏng và phân tích các trường hợp nhà máy cung cấp công suất cho phụ tải và cho hệ thống quốc gia khi phát chưa đạt hết công suất và phát hết công suất định mức theo thiết kế.

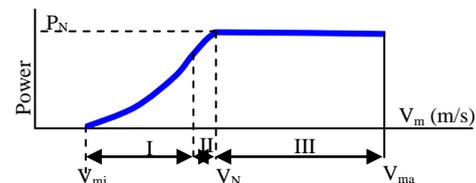
## ABSTRACT

In wind-power systems, the integration of these systems to the national grid is an important aspect as the wind speed always causes significant changes of frequency and capacity of these systems. There are many ways of generating electricity to the national grid, in this article simulations will be carried out based on the model of a double-fed asynchronous generator. This model has many advantages and is being applied in many wind power plants such as the wind power station in Phương Mai 3-Binh Dinh. The simulation results mainly focus on surveying the influence of the wind speed on the voltage quality and power generated to the grid by evaluating the harmonic distortion and active power curve of the plant according to the wind speed; imitating and analyzing cases in which the plant distributes power to loads and the national grid when it is operated with the partial capacity and with the full capacity.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đối với một turbine gió, khả năng phát điện thể hiện ở số công suất thu được có tính đến các giới hạn về kỹ thuật và kinh tế. Nó thường được mô tả dưới dạng một đồ thị công suất phát - tốc độ gió, được gọi là đồ thị công suất lý tưởng [1, 2]. Đồ thị công suất lý tưởng biểu thị trên 3 vùng ở những tốc độ gió khác nhau (hình 1.1). Vùng I là vùng tốc độ gió thấp, công suất sinh ra thấp hơn công suất hoạt động. Bởi vậy mục tiêu phát điện của vùng I là thu nhận toàn bộ năng lượng sinh ra. Do đó đường cong công suất lý tưởng trong vùng I đi theo một đường parabol bậc 3 như hình 1.1. Mặt khác, mục tiêu phát điện trong vùng tốc độ gió cao (vùng III) là giới hạn công suất phát ra ở dưới công suất hoạt động để tránh hiện tượng quá tải. Trong vùng này, công suất vượt quá

công suất hoạt động, do đó turbine gió phải làm việc với hiệu suất thấp. Cuối cùng vùng II là vùng chuyển tiếp giữa đường cong công suất tối ưu của vùng I và đường công suất không đổi của vùng III. Trong vùng này, tốc độ turbine gió được giới hạn để duy trì mức độ tiếng ồn dưới mức cho phép và giữ cho lực li tâm ở dưới giá trị chịu đựng của rotor.



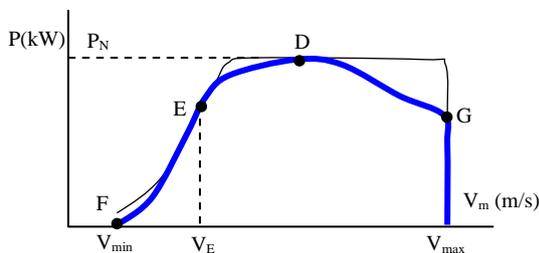
Hình 1.1 Đường cong công suất lý tưởng

Ngoài ra, chất lượng công suất phát của một turbine gió theo một cách nào đó có ảnh hưởng đến chi phí năng lượng. Nếu chất lượng công suất thấp sẽ làm tăng chi phí cho việc truyền tải năng lượng, hoặc giới hạn việc tạo ra công suất cung cấp cho lưới. Chất lượng công suất được ấn định bởi sự ổn định tần số và điện áp đầu ra ở điểm nối với lưới điện. Thông thường, tần số là một giá trị ổn định. Sự biến đổi của tần số trong một mạng điện là do sự không cân bằng của công suất giữa máy phát và lưới [2,3].

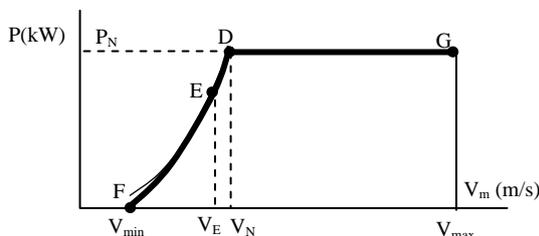
## II. CÁC ĐƯỜNG CONG CÔNG SUẤT THU ĐƯỢC ỨNG VỚI NHỮNG PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN KHÁC NHAU VÀ SƠ ĐỒ KHỐI MÔ TẢ VIỆC KẾT NỐI NHÀ MÁY VỚI LƯỚI ĐIỆN QUỐC GIA

### 2.1 Các đường cong công suất thu được dẫn chứng từ một số tài liệu đã được công bố [1,4]

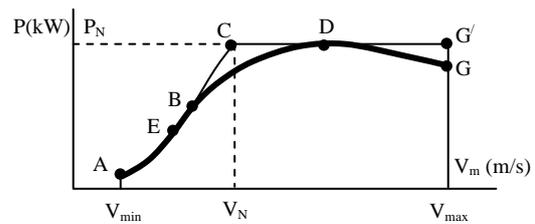
Nghiên cứu ở các trường hợp tốc độ máy phát không đổi, thay đổi ứng với góc cắt không đổi, thay đổi (Góc cắt là độ nghiêng của cánh hợp với mặt phẳng theo phương thẳng đứng), ứng với những đường cong thể hiện quan hệ công suất  $P$  với tốc độ  $V$  trên các hình 2.1, 2.2, 2.3



Hình 2.1 Đường cong công suất thực tế thu được (nét đậm), khi tốc độ không đổi góc cắt không đổi



Hình 2.2 Đường cong công suất thu được khi điều khiển mở hết góc cắt và ngưỡng chủ động



Hình 2.3 Đường cong công suất thu được bằng phương pháp điều khiển tốc độ thay đổi góc cắt không đổi với điều chỉnh ngưỡng thụ động

Đường cong công suất thu được khi điều khiển với tốc độ thay đổi và góc cắt thay đổi gần như tương đồng với đường cong công suất lý tưởng (thể hiện ở nét nhạt trên hình 2.3)

### 2.2 Sơ đồ khối mô tả việc kết nối nhà máy điện gió Phương Mai 3- Bình Định với lưới điện quốc gia

Nhà máy phong điện Phương Mai 3-Bình Định có tổng công suất 21 MW bao gồm 14 turbine gió công suất 1.5 MW, qua 14 máy biến áp 0,69/22kV điện áp được nâng lên 22kV và cung cấp công suất vào lưới điện quốc gia với cấp điện áp 110kV bằng cách phát công suất lên trạm biến áp 110kV Phương Mai 3, sau đó kết nối đến Trạm 110kV Phù Cát thông qua đường dây 110kV. Một phụ tải 10MW và một bộ lọc có công suất phản kháng  $Q=50$  Mvar được nối vào thanh cái tại đầu cực máy phát với cấp điện áp 690V. Hệ thống quốc gia ở cấp 110kV có tổng công suất 2500MVA cung cấp cho phụ tải toàn Bình Định và cho khu kinh tế Nhơn Hội trong trường hợp nhà máy ngừng hoạt động.

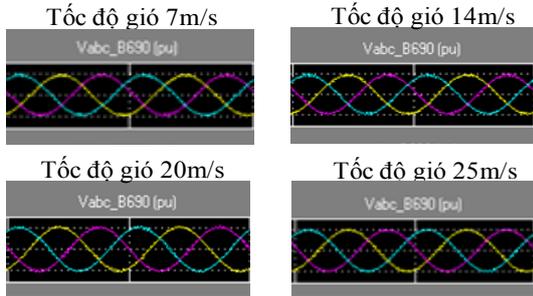
### 2.3 Khảo sát ảnh hưởng của tốc độ gió tới các thông số của hệ thống

Các kết quả mô phỏng bằng phần mềm Matlab-Simulink [5] như sau:

#### 1. Chất lượng điện áp

+ Tần số và độ lớn của điện áp ở thanh cái 0,69kV gần như ổn định và ít ảnh hưởng đến lưới là do ưu điểm của máy phát không đồng bộ nguồn kép được nối lưới từ hai phía. Cho nên, khi vận hành tốc độ gió thay đổi hệ thống tự động ổn định bằng cách luôn giữ cho tốc độ đồng bộ luôn không đổi.

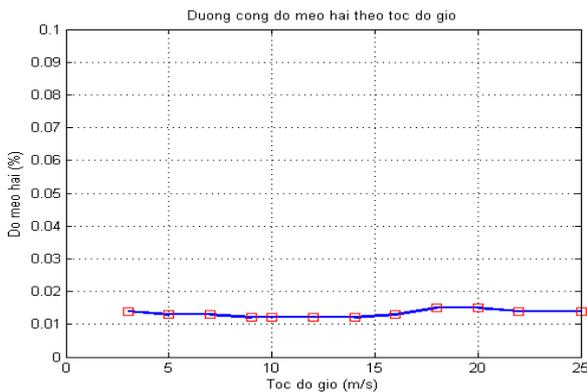
Hình 2.4 chỉ ra điều này, nếu đặt các giản đồ điện áp trên hình 2.4 chồng lên nhau thì có thể thấy chúng gần trùng với nhau.



Hình 2.4 Các cửa sổ mô tả chất lượng điện áp phát

+ Độ méo hài

Khảo sát cho thấy rằng khi thay đổi tốc độ gió từ 3m/s đến 25m/s, độ méo hài thay đổi trong phạm vi nhỏ (hình 2.5). Độ méo hài trung bình  $THD_{tb} = 0.013$ . Giá trị độ méo hài thu được này là thấp và đạt yêu cầu.

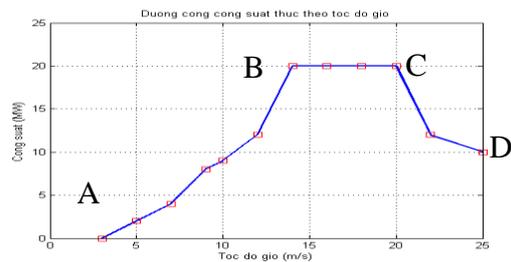


Hình 2.5 Đường cong độ méo hài theo tốc độ gió

## 2. Đường cong công suất

Đường cong công suất đã khảo sát gần như bám sát đường cong công suất lý tưởng mà nhà cung cấp đưa ra [4]

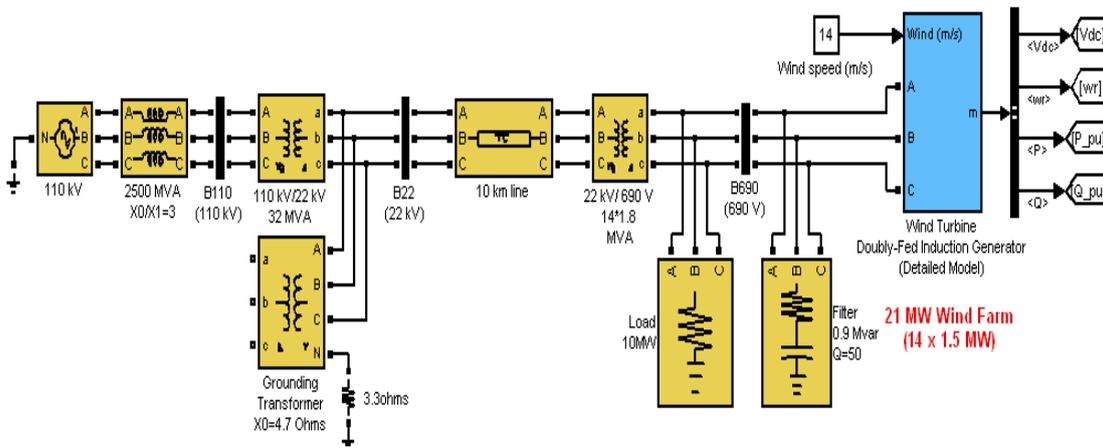
Trong khoảng tốc độ gió 0-3m/s nhà máy không hoạt động, bắt đầu tốc độ gió trên 3m/s cho đến dưới 14m/s thì lượng công suất phát của nhà máy tăng dần theo đường cong AB (hình 2.6). Khi tốc độ gió tại 14m/s thì nhà máy phát công suất tối đa và không thay đổi trong khi tốc độ gió tăng từ 14m/s-20m/s (theo đường thẳng BC). Quan sát trên hình 2.6 ta thấy với vận tốc trên 20m/s cho đến 25m/s (vận tốc cực đại) thì lượng công suất giảm dần theo đường CD. Điều này phù hợp với lý thuyết đã được nhiều tài liệu công bố [1].



Hình 2.6 Đường cong công suất phát thực của nhà máy theo tốc độ gió

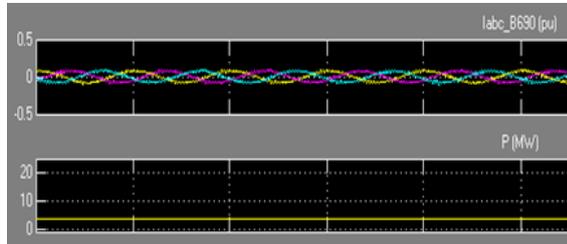
## 3. Kết nối nhà máy với hệ thống

Theo sơ đồ trên hình 2.7, tùy thuộc vào chế độ vận hành của hệ thống mà phụ tải với công suất 10MW được cấp hoặc từ nhà máy hoặc từ hệ thống hoặc cả hệ thống và nhà máy.

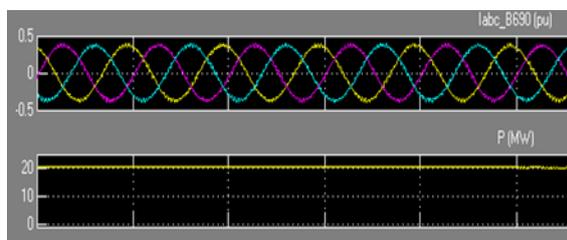


Hình 2.7 Sơ đồ khối mô tả việc kết nối nhà máy điện gió Phương Mai 3- Bình Định với lưới điện quốc gia [5]

Như kết quả mô phỏng trên hình 2.8a và 2.9a khi tốc độ gió 7m/s thì công suất phát  $P = 4.8$  MW khi đó tải nhận công suất từ lưới và từ máy phát. Ta thấy rằng dòng điện từ lưới  $I_{a,b,c-22} = 0,9$  (pu) và dòng điện từ máy phát  $I_{a,b,c-0,69} = 0,1$  (pu).

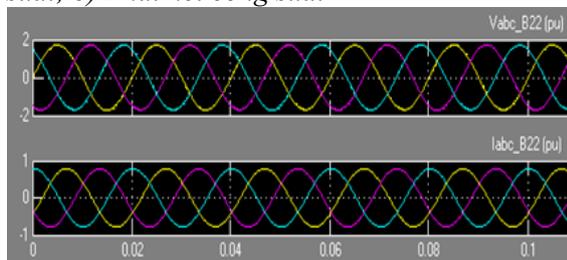


a)

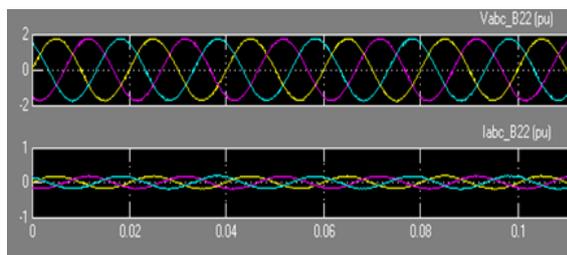


b)

Hình 2.8 Trị số dòng điện, công suất tại thanh cái 0,69 kV; a) Khi nhà máy chưa phát hết công suất; b) Phát hết công suất



a)



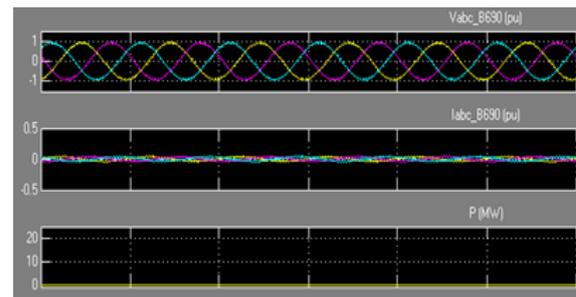
b)

Hình 2.9 Trị số dòng điện, điện áp tại thanh cái 22 kV; a) Ở tốc độ gió 7m/s; b) Ở tốc độ gió 14m/s

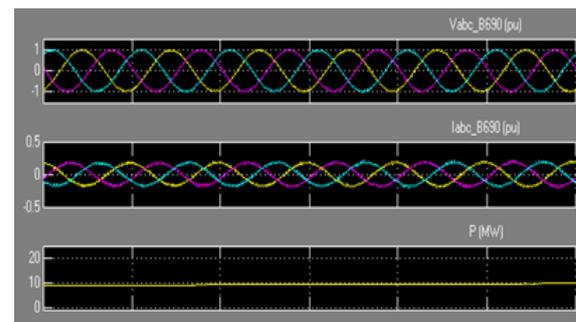
Tương ứng ở tốc độ gió 14m/s (quan sát trên hình 2.8b và 2.9b), khi đó công suất phát

của nhà máy ( $P = 20$  MW) lớn hơn công suất của tải. Lúc này máy phát cấp năng lượng cho tải, phần công suất còn lại được phát vào hệ thống. Điều này được thể hiện trị số dòng điện ở phía nhà máy là  $I_{a,b,c-0,69} = 0,4$  (pu) và trị số dòng điện ở phía lưới  $I_{a,b,c-22} = 0,2$  (pu)

Khi tốc độ dưới 3m/s (hình 2.10a) thì tách nhà máy ra khỏi hệ thống, tốc độ gió trên 25m/s (hình 2.10b) dừng máy nhằm tránh quá tải cơ. Kết luận này phù hợp với thiết kế của nhà máy mà nhà cung cấp đưa ra (tốc độ khởi động 3m/s và tốc độ dừng máy 25m/s) [4]



a)



b)

Hình 2.10 Cửa sổ quan sát ở tốc độ gió hoạt động và dừng máy; a) tốc độ dưới 3 m/s; b) tốc độ 25 m/s

### III. KẾT LUẬN

Các nghiên cứu này đánh giá được sự phù hợp giữa lý thuyết và thực tế. Các kết quả quan trọng bao gồm:

- Mô hình hóa hệ thống kết nối lưới của nhà máy điện gió Phương Mai 3-Bình Định bằng các toolbox Simulink và Sim Power Systems của Matlab [5]. Sử dụng các mô hình khối đã có sẵn trong Simulink để ghép nối thành một hệ thống;

- Xác định và đánh giá ảnh hưởng của tần số nhà máy khi kết nối với lưới thông qua độ

méo hài. Đối với hệ thống kết nối như trên, nghiên cứu cho thấy khi tốc độ gió thay đổi trong vùng từ 3m/s cho đến 25m/s thì độ méo hài trung bình 0,013;

- Thống kê kết quả cho phép đánh giá mô hình hoạt động của một nhà máy điện gió. Cụ thể là từ các kết quả mô phỏng này ta đã xây dựng được đường cong công suất của nhà máy

phù hợp với nội dung lý thuyết đã được nhiều tài liệu công bố [1];

- Trong trường hợp công suất phát của nhà máy nhỏ hơn công suất của phụ tải thì lúc này phụ tải nhận năng lượng từ lưới quốc gia. Khi công suất nhà máy lớn hơn công suất phụ tải thì phụ tải được cấp từ nhà máy, phần công suất còn lại phát vào hệ thống.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Fernando D.Bianchi, Hernan De Battista and Ricardo J. Mantz*; Wind Turbine Control Systems; Springer; London 2007; 205 pages
2. *Thomas Ackerman*; Wind Power in Power Systems; John Wiley & Sons, Ltd; 2005; 742 pages
3. *E. Acha, V. G. Agelidí, O. Anaya-Lara, T. J. E. Miler*; Power electronics control in Electrical Systems; Newnes; 2002; 443 pages
4. Dự án xây dựng nhà máy Phong điện Phương Mai 3-Bình Định. Các bảng số liệu và thông số kỹ thuật của Turbine gió; Công ty cổ phần phong điện Miền trung, 2008
5. Sim Power Systems Matlab-Simulink; Phần mềm Matlab-Simulink 2008, The Mathworks; toolbox library Simulink.

---

Địa chỉ liên hệ: Trần Văn Thịnh - Tel: 0913.017.150, Email: tvthinh@mail.hut.edu.vn  
Bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội