

NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG CỦA MẠNG ĐIỆN PHÂN PHỐI KẾT NỐI MÁY PHÁT ĐIỆN GIÓ BẰNG VIỆC SỬ DỤNG MÁY BÙ ĐỒNG BỘ TĨNH

Trịnh Trọng Chương

ABSTRACT

Grid connected wind turbines may cause voltage quality problems, such as: reliability, voltage variation and flicker. This paper discusses the power quality improvement of grid connected wind turbine fixed-speed induction generator. A method to power quality improvement by using a voltage source converter (VSC) based STATCOM (Static Synchronous Compensator) is presented, which shows it is an efficient mean to improve voltage quality.

TÓM TẮT

Bài báo trình bày hiệu quả sử dụng máy bù đồng bộ tĩnh (Statcom) trong việc nâng cao chất lượng điện năng của mạng điện phân phối. Kết quả cho thấy khi ứng dụng Statcom khả năng hồi phục sự cố tốt hơn, các giá trị chập chờn của máy phát điện gió nối lưới giảm đi rõ rệt.

I. GIỚI THIỆU

Hiện nay, các công nghệ mới đang liên tục được nghiên cứu, xem xét đưa vào ứng dụng trong hệ thống cung cấp điện (HTCCĐ) nhằm phát huy hiệu quả trong lưới điện phân phối ở nước ta. Chẳng hạn, công nghệ GIS quản lý lưới điện phân phối, các công nghệ hiện đại khác cũng đang được đề xuất ứng dụng nhằm xem xét hiệu quả khai thác trong hệ thống: thiết bị TCSC (Thyristor Controlled Series Compensator), thiết bị SVC (Static Voltage Compensator), Statcom... nhằm hạn chế khả năng mất ổn định, cải thiện chất lượng điện năng của HTCCĐ.

Khác với các máy phát điện truyền thống trong các nhà máy thủy điện, nhiệt điện... công suất lớn, các máy phát điện gió thường sử dụng loại máy phát không đồng bộ (tốc độ cố định hoặc tốc độ biến đổi). Loại máy phát này thường phải tiêu thụ một lượng công suất phản kháng nhất định từ phía hệ thống để duy trì từ trường quay trong Stato và rôto. Chính vì vậy, khi xảy ra sự cố, điện áp đầu cực máy phát bị suy giảm mạnh. Nếu thời gian tồn tại sự

cố quá lâu có thể dẫn tới mất ổn định do tốc độ máy phát không thể khôi phục lại giá trị ban đầu [1]. Xuất phát từ các vấn đề nêu trên thì hầu hết các công ty điện lực đều yêu cầu các máy phát điện gió sẽ phải cắt ra khi điện áp sụt giảm tới khoảng 70 - 80% điện áp danh định với khoảng thời gian quá 100ms để đảm bảo chất lượng điện năng cho hệ thống. Tuy nhiên, với quy định này sẽ dẫn tới một thực tế là các máy phát sẽ thường xuyên cắt ra khỏi lưới bất cứ khi nào có một sự cố xảy ra gần điểm đấu nối.

Bài báo này muốn nêu một phương án công nghệ sử dụng máy bù đồng bộ tĩnh Statcom để trợ giúp quá trình hồi phục điện áp nhanh hơn khi xảy ra ngắn mạch gần máy phát điện gió, góp phần nâng cao độ tin cậy và cải thiện chất lượng điện năng của lưới điện phân phối có kết nối máy phát điện gió.

II. ĐẶC ĐIỂM CỦA CÔNG NGHỆ STATCOM

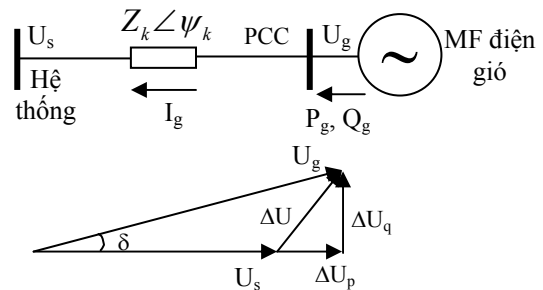
Cơ sở của công nghệ Statcom là sử dụng các công tắc điện tử ở dạng một bộ biến đổi điện tạo nguồn điện áp để tổng

hợp điện áp đầu ra V_c từ nguồn điện áp một chiều. Điện áp xoay chiều V_c của bộ biến đổi điện được đấu nối với hệ thống điện thông qua điện kháng đệm X_c . Bằng cách khống chế điện áp V_c của Statcom, cùng pha với điện áp hệ thống V_s , nhưng có biên độ lớn hơn, dòng điện và công suất phản kháng chạy từ Statcom vào hệ thống, để nâng điện áp lên. Ngược lại, nếu điều khiển điện áp V_c thấp hơn điện áp hệ thống V_s , thì dòng điện và dòng công suất chạy từ lưới vào Statcom, do vậy hạn chế quá điện áp trên lưới điện. Ưu điểm chính của Statcom so với SVC truyền thống là khả năng phát ra dòng điện hoàn toàn điện dung ở điện áp cực thấp, điều mà SVC không thể làm nổi. Một ưu thế khác là kích thước gọn, tính năng sóng hài tốt, ít cần hoặc không cần phải lọc, đáp ứng động tốt hơn, chế độ quá độ tốt hơn, phát ít tiếng ồn hơn, và từ trường cũng thấp hơn.

Bằng cách điều khiển thích hợp điện áp đầu ra của bộ Statcom cao hơn hoặc thấp hơn điện áp thanh cái phía thứ cấp của máy biến áp nâng áp, thiết bị bù có thể thu dòng điện điện dung hoặc cảm kháng từ hệ thống. Statcom cấu tạo từ các bộ biến đổi điện đơn pha đầu tam giác nên có thể đặt riêng rẽ từng cấp dòng điện trong từng pha sao cho phù hợp với điều kiện thực tế chung trong thời gian nhiễu loạn và giảm điện áp thứ tự nghịch hoặc mất cân bằng trên hệ thống điện xoay chiều [2].

III. MÔ HÌNH PHÂN TÍCH CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG CỦA LƯỚI ĐIỆN KẾT NỐI MÁY PHÁT ĐIỆN GIÓ

Thông thường, các máy phát điện gió do công suất phát thấp nên thường được kết nối vào hệ thống lưới điện phân phối tại điểm kết nối chung PCC (Point of Common Coupling), sau đó sẽ được kết nối với lưới điện 110 kV.



Hình 1: Sơ đồ mạng điện, biểu đồ pha điện áp

Một mô hình tổng quát nghiên cứu ảnh hưởng của máy phát điện gió đến thông số mạng điện trung áp được trình bày trong hình 1. Trong đó, U_s là điện áp thanh cái phía hệ thống, U_g là điện áp tại thanh cái chung kết nối các máy phát điện gió PCC, Z_k là tổng trở đường dây, ψ_k là góc của tổng trở đường dây,

$$\psi_k = \arctg\left(\frac{X_k}{R_k}\right) \quad (1)$$

với X_k và R_k là điện kháng và điện trở của lưới điện.

Ngoài việc gây ra các ảnh hưởng về suy giảm điện áp khi xảy ra ngắn mạch tại PCC [1], máy phát điện gió trong quá trình vận hành còn gây ra một số ảnh hưởng đến chất lượng điện năng: hiện tượng sóng hài, hiện tượng chập chờn, hiện tượng dao động điện áp... Tất cả các hiện tượng trên đều ảnh hưởng xấu đến chất lượng điện năng, gây nhiễu, phát nóng các thiết bị mang điện khác.

1. Hiện tượng sóng hài

Dòng điện và điện áp hài được sinh ra bởi các tải phi tuyến nối với hệ thống phân phối điện. Bản thân các bộ biến tần có chứa các phần tử phi tuyến là nguồn gốc gây ra sóng hài. Tuy nhiên, dòng điện hài nhiều hay ít còn phụ thuộc vào cấu trúc của hệ truyền động và tải, nếu sử dụng động cơ lớn hay tăng tải động cơ đều làm tăng dòng điện hài.

Do vậy, để giảm được sóng hài, buộc các nhà sản xuất công nghiệp phải sử dụng

các bộ biến tần phát sóng hài thấp hoặc sử dụng các phương pháp lọc ngoài. Trong đó, muốn giảm dòng điện hài phải tăng điện cảm AC, DC hoặc tăng số van chỉnh lưu trong bộ chỉnh lưu và giảm điện áp hài gây ra bởi dòng điện hài phải tăng công suất biến áp, giảm trở kháng biến áp hay tăng khả năng chịu ngắn mạch của nguồn. Biểu thức xác định các sóng hài của tập hợp các máy phát điện gió tại PCC [3]:

$$I_{n\Sigma} = \alpha \sqrt{\sum_{i=1}^{N_{wt}} \left(\frac{I_{n,i}}{n_i} \right)^2} \quad (2)$$

Ở đây i_n là dòng điện hài bậc n , $i_{n,k}$ là dòng điện hài bậc n của nguồn phát sinh hài thứ k ; n_i là tỷ số biến áp; α là hệ số được cho trong [3].

2. Hiện tượng chập chờn

Hiện tượng chập chờn từ các tuabin gió bắt nguồn từ 2 chế độ vận hành khác nhau: chế độ vận hành lâu dài (LD) và chế độ vận hành gián đoạn (GD).

Chập chờn phát sinh từ chế độ LD là do sự thay đổi công suất phát của tuabin gió do có sự thay đổi vận tốc gió. Theo IEC 6400-21 [4] hệ số chập chờn của tuabin gió được xác định bởi:

$$c(\psi_k) = P_{st} \frac{S_n}{S_k} \quad (3)$$

ở đây S_n là công suất đặt của tuabin gió; P_{st} là giá trị phát sinh chập chờn tính toán từ công suất ngắn mạch của lưới S_k .

Do đó, việc xác định chập chờn từ tuabin gió kết nối lưới qua công suất ngắn mạch S_k được tính như sau:

$$P_{st} = c(\psi_k) \frac{S_n}{S_k} \quad (4)$$

Phương trình xác định chập chờn của các tuabin gió tại điểm kết nối chung là:

$$P_{st} = \sqrt{\sum_i P_{st,i}^2} \quad (5)$$

Với $P_{st,i}$ là chập chờn của mỗi tuabin gió đơn lẻ.

Trong quá trình vận hành GD, hiện tượng chập chờn thường gặp là lúc khởi động và dừng tuabin gió. Các kết quả thực nghiệm và mô phỏng đã tính toán xác định sự thay đổi hệ số điện áp k_u và hệ số chập chờn k_f cho từng sự vận hành gián đoạn theo sự thay đổi của góc tổng trở ψ_k . Giới hạn chập chờn điện áp (%) của một tuabin gió đơn lẻ được xác định bởi:

$$\Delta U \leq k_u(\psi_k) \frac{S_n}{S_k} \cdot 100 \quad (6)$$

với $k_u(\psi_k)$ là hệ số thay đổi điện áp phụ thuộc góc của tổng trở ψ_k . Trong điều kiện tốc độ gió thấp, các tuabin gió có thời gian khởi động và dừng khác nhau. Kết quả xác định độ chập chờn sau khi liên tiếp xảy ra độ suy giảm điện áp được tính theo:

$$P_n = \left(\frac{2,3 \cdot N}{T} \right)^{\frac{1}{3,2}} \cdot F \cdot \frac{\Delta U}{U} \quad (7)$$

với N là số các suy giảm điện áp trong khoảng thời gian T ; Từ phương trình này có thể xác định độ chập chờn dài hạn (sau khoảng thời gian 2 giờ); U là điện áp; F là hệ số suy giảm điện áp.

Độ chập chờn xác định từ số lần dừng/khởi động liên tiếp của các tuabin gió được xác định bởi:

$$P_n = 8 \cdot k_f(\psi_k) (N)^{\frac{1}{3,2}} \frac{S_n}{S_k} \quad (8)$$

Ở đây $k_f(\psi_k)$ là hệ số chập chờn phụ thuộc vào góc tổng trở ψ_k , N là số lần vận hành gián đoạn cực đại đo trong 2 giờ [4].

3. Hiện tượng dao động công suất, điện áp

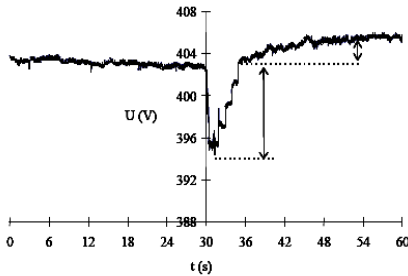
Công suất cơ lấy ra từ tuabin gió phụ thuộc vào diện tích quét của cánh mà diện tích này lại tỷ lệ với bình phương của bán kính rôto và tỷ lệ bậc ba với tốc độ gió:

$$P_i = \frac{1}{2} \rho \pi R_b^2 \cdot v^3 \cdot C_p \quad (9)$$

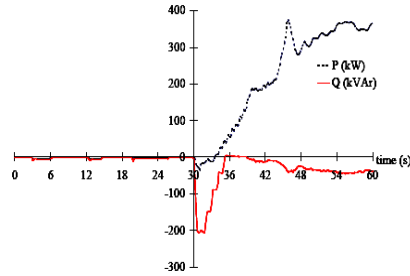
Trong đó, P : mật độ không khí, kg/m^3 ; C_p : hệ số công suất của tuabin gió.

Công thức (9) cho thấy khi vận tốc gió thay đổi thì công suất cơ của tuabin gió

cũng thay đổi theo dẫn đến thay đổi lượng công suất phản kháng của máy phát điện gió. Hình 2, 3 biểu diễn dao động điện áp và công suất của một tuabin gió công suất 600 kW, điện áp đầu cực 400 V lúc khởi động tại $t = 30$ giây [5].



Hình 2: Dao động điện áp tuabin gió khi khởi động

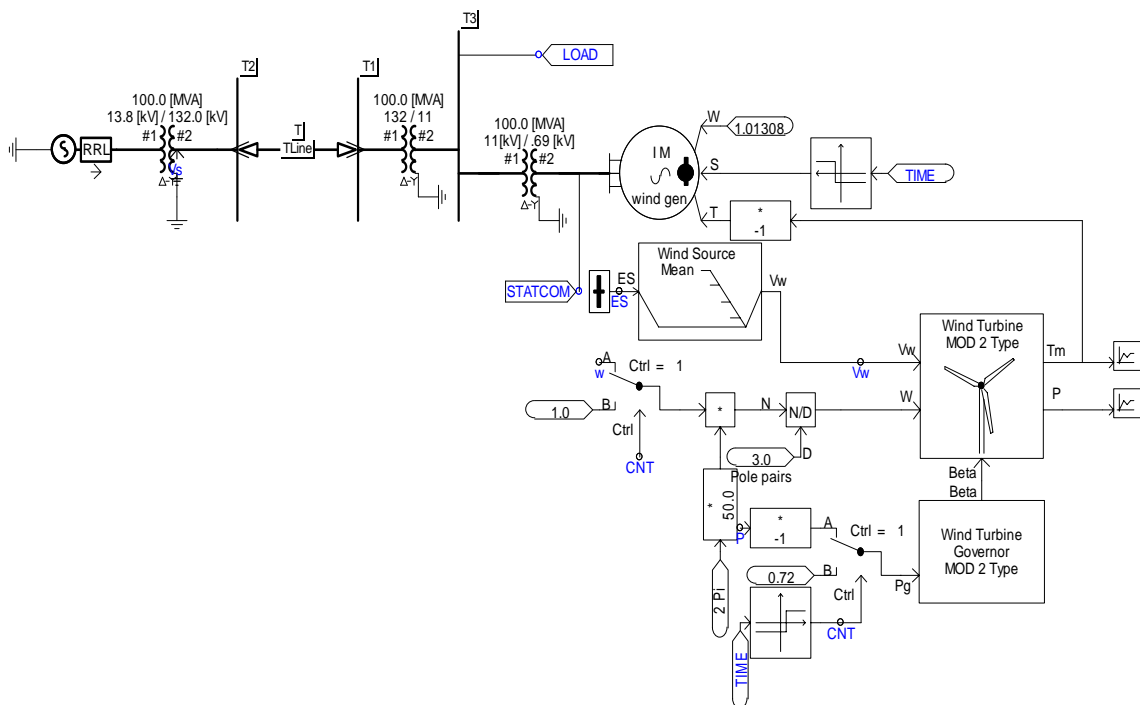


Hình 3: Dao động công suất tuabin gió khi khởi động.

IV. ỨNG DỤNG TÍNH TOÁN MÔ PHỎNG

Trong phần này, hệ thống các tuabin - máy phát điện gió sẽ được mô phỏng bằng phần mềm PSCAD [6], một bộ Statcom được đấu nối vào điểm PCC. Mô hình mô phỏng gồm có 1 máy phát điện gió công suất 1,62MW, điện áp đầu cực là 0,69kV.

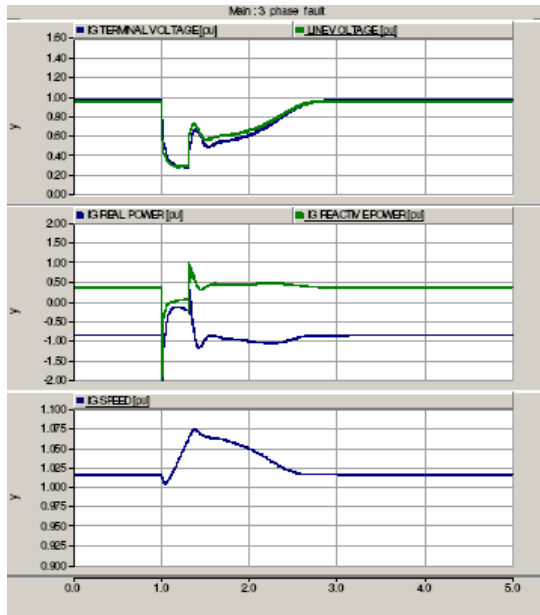
Do cấp điện áp đầu cực khác với điện áp lưới điện phân phối nên máy phát điện được trang bị thêm một máy biến áp tăng áp 0,69kV/11kV. Trong mô hình mô phỏng này tốc độ gió trung bình được lấy là 11m/s dựa trên các số liệu thống kê về tốc độ gió tại Phước Ninh, Ninh Thuận [7].



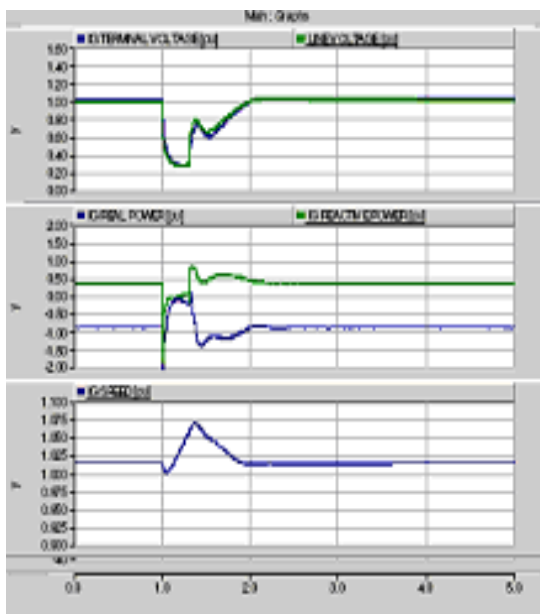
Hình 4: Mô hình tuabin gió nối lưới phân phối có trang bị STATCOM

Điều kiện mô phỏng là xảy ra sự cố một pha ở lưới 10 kV trong 30 ms. Mạch bị sự cố bị tách ra sau khi sự cố được loại trừ. Góc tổng trở bằng $63,4^0$.

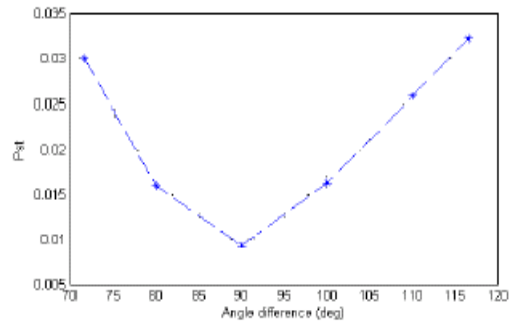
1. Kết quả mô phỏng



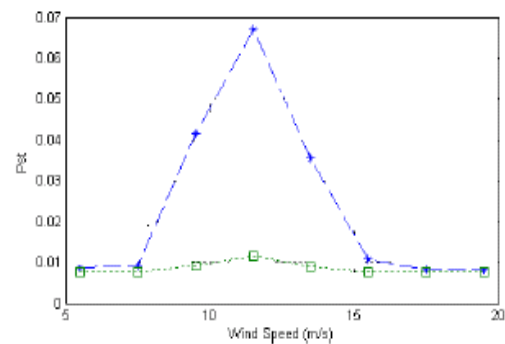
Hình 5: Dao động điện áp máy phát - điện áp đường dây; dao động công suất tác dụng - phản kháng của máy phát và tốc độ rôto khi không có Statcom



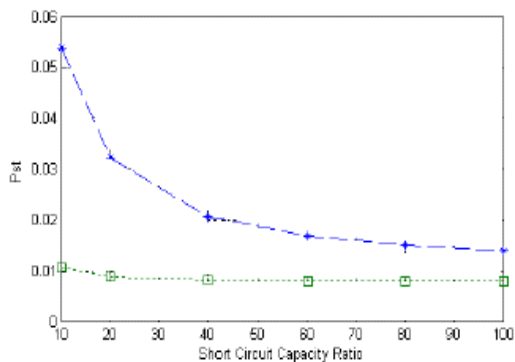
Hình 6: Dao động điện áp máy phát - điện áp đường dây; dao động công suất tác dụng - phản kháng của máy phát và tốc độ rôto khi có Statcom.



Hình 7: Hệ số chấp chờn ngắn hạn khi thay đổi góc tổng trở ($v = 9$ m/s; $S_k = 20$ MVA)



Hình 8: Hệ số chấp chờn ngắn hạn khi tốc độ gió thay đổi ($S_k=20$ MVA; $\psi_k = 63,4^0$);
 ---*--- : không có Statcom,
 ---*--- : có Statcom.



Hình 9: Hệ số chấp chờn ngắn hạn khi thay đổi công suất ngắn mạch ($v = 9$ m/s; $\psi_k = 63,4^0$); ---*--- : không có Statcom,
 ---*--- : có Statcom.

2. Nhận xét

Qua kết quả tính toán mô phỏng cho thấy: trong trường hợp không ứng dụng giải pháp công nghệ Statcom, sau khi bị sự cố, hệ thống mất khoảng 1,8 giây để

khôi phục lại trạng thái ban đầu. Đồng thời, cũng cho thấy các giá trị chập chòn ngắn hạn có thể đạt đến 6,8% (hình 8), tức là lớn hơn rất nhiều so với mức cho phép của IEC 64100-21 và quy định đấu nối hệ thống điện của Việt Nam [4, 8].

Trong trường hợp ứng dụng công nghệ Statcom, thời gian khôi phục sự cố mất khoảng 0,70 giây, các giá trị chập chòn ngắn hạn đều rất nhỏ và nằm trong phạm vi cho phép.

V. KẾT LUẬN

Việc ứng dụng năng lượng gió trên thế giới và ở Việt Nam sẽ ngày càng phát triển nhằm đáp ứng nhu cầu năng lượng ngày càng cao. Tuy nhiên, việc kết nối điện gió với lưới đã phát sinh một số vấn đề về chất lượng điện năng có đặc điểm riêng biệt so với các máy phát điện đồng bộ công suất lớn truyền thống trong các nhà máy thủy điện, nhiệt điện...

Statcom chỉ là một trong các giải pháp đang được ứng dụng để cải thiện độ tin cậy, nâng cao chất lượng điện năng của hệ thống phát điện sức gió nối lưới điện Quốc gia.

Việc nghiên cứu ổn định và ứng dụng Statcom để mở rộng miền ổn định trạng thái nối lưới sẽ là bước nghiên cứu tiếp theo của tác giả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyễn Xuân Tùng, Trịnh Trọng Chương; Ảnh hưởng của sự suy giảm điện áp tới quá trình quá độ của máy phát điện gió và các giá trị chỉnh định áp dụng cho hệ thống bảo vệ kém áp; Tạp chí Khoa học và Công nghệ các trường Đại học kỹ thuật; số 61, năm 2007.

[2] Introduction and Main Technical Features; ABB Switzerland Ltd 2006.

[3] Rolf Grünbaum; Voltage and power quality control in wind power application by means of dynamic compensation; ABB Power Systems AB, Sweden 2005.

[4] IEC 61400-21; Power quality requirements for wind whines, 2001.

[5] Fritz Santjer, Gerhard J. Gerdes; Wind turbine grid connection and interaction; Deutsches Windenergie-Institut GmbH Germany 2004.

[6] www.pscad.com

[7] Phan Mỹ Tiên; Phân bố tiềm năng năng lượng gió trên lãnh thổ Việt Nam; Luận án Tiến sĩ Địa lí - địa chất; Viện khí tượng thủy văn; Hà Nội 1994.

[8] Bộ Công Nghiệp; Quy định đấu nối HTĐ Quốc gia; Hà Nội, tháng 10/2006.