

NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH TUABIN GIÓ SỬ DỤNG MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ NAM CHÂM VĨNH CỬU NỔI LƯỚI (RESEARCH MODEL OF GRID CONNECTED WIND TURBINES USING PERMANENT MAGNETIC SYNCHRONOUS GENERATOR)

*ThS. Đặng Ngọc Huy - Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
Lê Kim Anh - Trường cao đẳng Công nghiệp Tuy Hòa*

Tóm tắt: Bài báo nhằm giới thiệu mô hình điều khiển tuabin gió nổi lưới dùng máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu. Vì tốc độ gió luôn thay đổi theo thời gian, để tuabin vận hành tối ưu với vận tốc gió nhất định thì hệ thống rotor phải có chức năng tự điều chỉnh theo sự thay đổi của vận tốc và hướng gió. Máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu hoàn toàn đáp ứng được điều này, vì từ thông luôn tồn tại sẵn nhờ hệ thống nam châm vĩnh cửu dán trên bề mặt rotor. Máy phát điện hoạt động với tốc độ vòng quay thấp nhưng nguồn điện năng sản xuất cao. Đây là những ưu điểm chính khi tuabin gió sử dụng máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu. Ngoài ra để điều khiển nổi lưới, ta dùng 2 bộ nghịch lưu, nghịch lưu phía máy phát điện dùng để điều chỉnh hòa đồng bộ cho máy phát điện cũng như tách máy phát điện ra khỏi lưới khi cần thiết, nghịch lưu phía lưới nhằm giữ ổn định điện áp mạch một chiều trung gian.

ABSTRACT

The article aims to introduce the model control of grid connected wind turbines using permanent magnetic synchronous generator. Because wind speeds changes over time, the rotor system must function and be self-adjusted to the change of wind speed and direction so that the turbine operates efficiently with certain wind velocity. Permanent magnetic synchronous generator completely satisfy this, since magnets always exist thanks to the system of permanent magnet glued on the surface of the rotor. Generators operate with low spin speeds but very high source of productive electricity, these are the main advantages when wind turbines using permanent magnetic synchronous generator. In addition, we use 2 inverters to control connected grid. The inverter in the generator used to adjust the synchronous generator as well as separate the generator from the grid when necessary, the inverter in the grid used to keep stable the intermediate DC circuit voltage.

1. Đặt vấn đề

Theo số liệu của Ngân hàng thế giới, tiềm năng gió của Việt Nam (ở độ cao 65m) rất khả quan và ước đạt 513.360MW, lớn hơn 200 lần công suất nhà máy thủy điện Sơn La và hơn 10 lần tổng công suất dự báo của ngành điện đến năm 2020. Đây sẽ là nguồn năng lượng tiềm năng đáng kể có thể khai thác bổ sung cho nguồn điện lưới quốc gia, thay thế các nguồn năng lượng hóa thạch ngày càng cạn kiệt và cải thiện môi trường.

Bảng 1. Bảng cấp gió Beaufor

Cấp gió	Tốc độ gió		Áp suất gió trung bình kg/m ²	Đặc điểm của gió
	m/s	km/h		
0	0,0 ÷ 0,2	0,0 ÷ 1,0	0	Lặng gió
1	0,3 ÷ 1,5	1 ÷ 5	0,2	Gió êm
2	1,6 ÷ 3,3	6 ÷ 11	0,9	Gió nhẹ
3	3,4 ÷ 5,4	12 ÷ 19	2,2	Gió yếu
4	5,5 ÷ 7,9	20 ÷ 28	4,5	Gió vừa
5	8,0 ÷ 10,7	29 ÷ 38	7,8	Gió mát
6	10,8 ÷ 13,8	39 ÷ 49	12,5	Gió hơi mạnh
7	13,9 ÷ 17,1	50 ÷ 61	18,8	Gió mạnh
8	17,2 ÷ 20,7	62 ÷ 74	27,0	Gió rất mạnh
9	20,8 ÷ 24,4	75 ÷ 88	37,5	Gió bão
10	24,5 ÷ 28,4	89 ÷ 102	51,1	Bão
11	28,5 ÷ 32,6	113 ÷ 117	69,4	Bão mạnh
12	32,7 ÷ 36,9	118 ÷ 133	89,0	Bão rất mạnh
13	37,0 ÷ 41,4	134 ÷ 149	109,2	
14	41,5 ÷ 46,1	150 ÷ 166	135,8	
15	46,2 ÷ 50,9	167 ÷ 183	164,3	
16	56,1 ÷ 61,2	202 ÷ 220	245,6	

Bảng 2. Tiềm năng gió của Đông Nam Á (ở độ cao 65m)

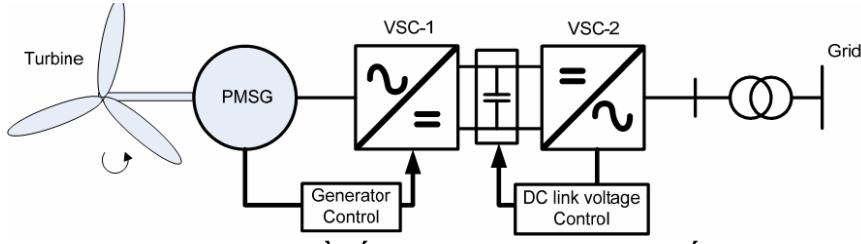
Quốc gia		Yếu	Trung bình	Tốt	Rất tốt	Lý tưởng	Tổng
		< 6 m/s	6-7 m/s	7-8 m/s	8-9 m/s	> 9 m/s	
Campuchia	Diện tích	175.468	6.155	315	30	0	
	% diện tích	96,4%	3,4%	0,2%	0%	0%	
	Tiềm năng (MW)	NA	24.620	1.260	120	0	26.000
Lào	Diện tích	184.511	38.787	6.070	671	35	
	% diện tích	80,2%	16,9%	2,6%	0,3%	0%	
	Tiềm năng (MW)	NA	155.148	24.280	2.684	140	182.252
Thái Lan	Diện tích	477.157	37.337	748	13	0	
	% diện tích	92,6%	7,2%	0,2%	0%	0%	
	Tiềm năng (MW)	NA	149348	2992	52	0	152.392
Việt Nam	Diện tích	197.342	100.361	25.679	2.187	113	
	% diện tích	60,6%	30,8%	7,9%	0,7%	0,00%	
	Tiềm năng (MW)	NA	401.444	102.716	8748	452	513.360

Nguồn: Ngân hàng Thế giới

2. Kết quả nghiên cứu và khảo sát

2.1. Mô hình tuabin gió sử dụng máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu nổi lưới

Hình 1. Sơ đồ cấu trúc cơ bản tuabin gió sử dụng máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu nổi lưới.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc cơ bản tuabin gió nối lưới

2.2. Nguồn gió

Cơ năng E của một khối lượng không khí m chuyển động với vận tốc v là $E = \frac{1}{2}mv^2$ (1) Công suất P thu được lệ thuộc vào khối lượng không khí chuyển động, vận tốc gió, mật độ không khí ρ , tiết diện A của vòng quay cánh quạt. $P = \frac{1}{2} \rho A v^3$ (2)

2.3. Tuabin gió

Theo [4] công suất của tuabin được tính theo biểu thức: $P_m = C_p(\lambda, \beta) \frac{\rho A}{2} v^3$ (3) Trong đó: P_m : Công suất đầu ra của tuabin (W); $C_p(\lambda, \beta)$: Hệ số biến đổi năng lượng (là tỷ số giữa tốc độ đầu cánh λ và góc cánh β); A: Tiết diện vòng quay của cánh quạt (m^2); ρ : Mật độ của không khí (kg/m^3). Từ công thức (3) ta thấy vận tốc gió là yếu tố quan trọng nhất của công suất, vận tốc gió tăng 1 lần thì công suất đầu ra cũng tăng theo lũy thừa 3.

Hệ số biến đổi năng lượng C_p của công thức (3) theo [5],[6], được tính như sau:

$$C_p(\lambda, \beta) = 0.5176 \left(\frac{116}{\lambda_i} - 0.4\beta - 5 \right) e^{-\frac{21}{\lambda_i}} + 0.0068 \lambda \quad (4)$$

với $\frac{1}{\lambda_i} = \frac{1}{\lambda + 0.08\beta} - \frac{0.035}{1 + \beta^3}$ (5).

Hình 2. Đường cong biểu diễn mối quan hệ giữa C_p và λ .

Tỷ số tốc độ đầu cánh tuabin gió và tốc độ gió là:

$\lambda = \frac{R\omega}{v}$ trong đó ω là tốc độ quay của tuabin, R bán kính của tuabin, v vận tốc của gió, với công suất đầu ra của tuabin $P_m = \frac{1}{2} \pi \rho R^2 C_p v^3$, Theo [6] mô men của tuabin gió

được tính như sau: $T_m = \frac{P_m}{\omega} = \frac{1}{2} \pi \rho R^5 C_p \frac{\omega^3}{\lambda^3}$ (6). Mặt khác tuabin gió có thể vận hành theo các quy tắc điều khiển khác nhau tùy thuộc vào tốc độ của gió. Hình 3. Đường cong biểu diễn mối quan hệ giữa P_m và tốc độ gió.

2.4. Máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu

Phương trình dòng và áp trên hệ tọa độ dq:

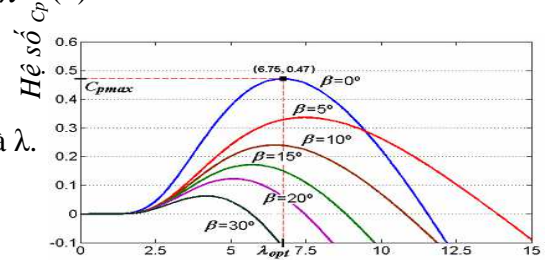
$$\frac{di_{sd}}{dt} = \frac{1}{T_{sd}} i_{sd} + \omega_s \frac{L_{sq}}{L_{sd}} i_{sq} + \frac{1}{L_{sd}} u_{sd} \quad (7)$$

$$\frac{di_{sq}}{dt} = -\omega_s \frac{L_{sd}}{L_{sq}} i_{sd} - \frac{1}{T_{sq}} i_{sq} + \frac{1}{L_{sq}} u_{sq} - \omega_s \frac{\psi_p}{L_{sq}} \quad (8).$$

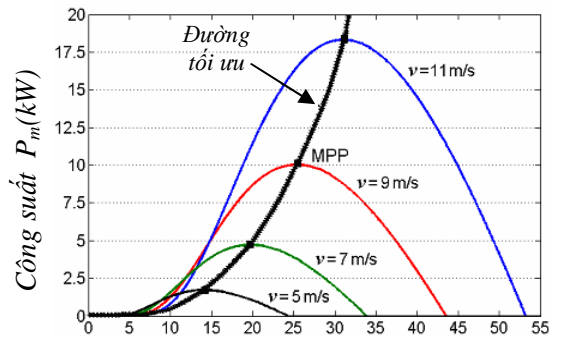
Trong đó: L_{sd} điện cảm Stator đo ở vị trí

đỉnh cực; L_{sq} điện cảm Stator đo ở vị trí ngang cực; ψ_p từ thông cực (vĩnh cửu); T_{sd}, T_{sq} hằng số thời

gian Stator tại vị trí đỉnh cực. Phương trình mô men: $m_M = \frac{3}{2} P_c [\psi_p i_{sq} + i_{sd} i_{sq} (L_{sd} - L_{sq})]$ (9).



Hình 2. Đường cong biểu diễn mối quan hệ giữa C_p và λ

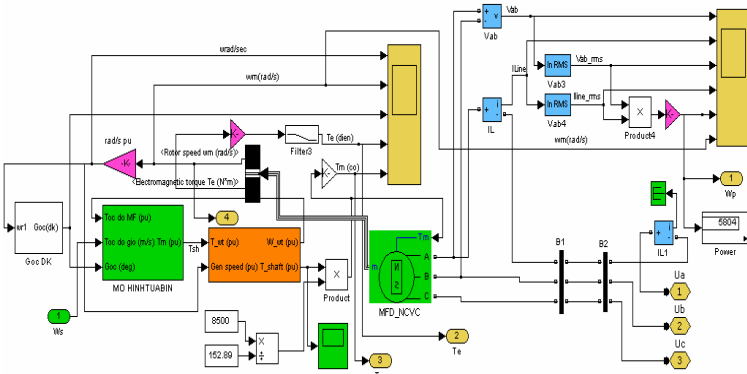


Hình 3. Đường cong biểu diễn mối quan hệ giữa P_m và tốc độ gió

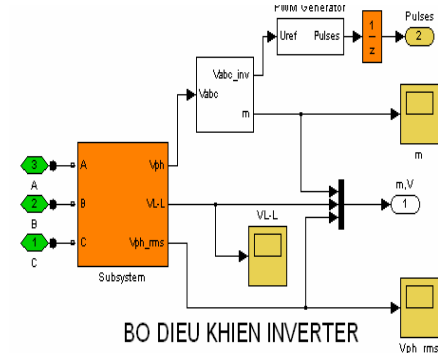
Để điều khiển máy phát điện (MFD) nối lưới, ta dùng 2 bộ nghịch lưu (nghịch lưu phía MFD và nghịch lưu phía lưới). Nghịch lưu phía MFD dùng điều chỉnh hòa đồng bộ cho MFD cũng như trách MFD ra khỏi lưới khi cần thiết. Nghịch lưu phía lưới là nhằm giữ ổn định điện áp mạch một chiều trung gian.

3. Xây dựng mô hình và mô phỏng trên Matlab- Simulink

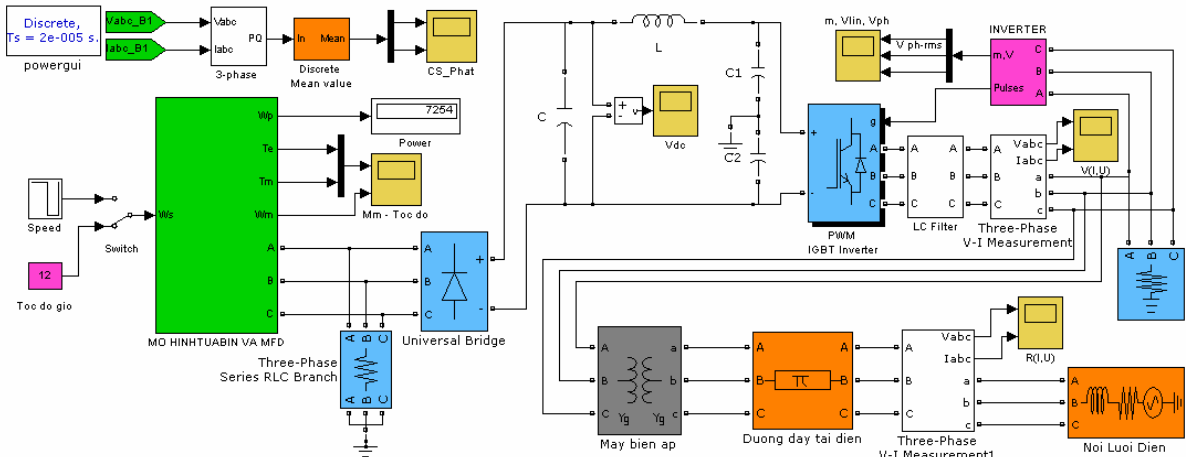
3.1. Xây dựng mô hình trên Matlab- Simulink



Hình 4. Mô hình tuabin gió và máy phát điện

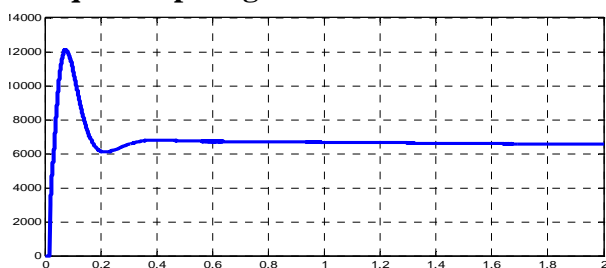


Hình 5. Mô hình bộ điều khiển

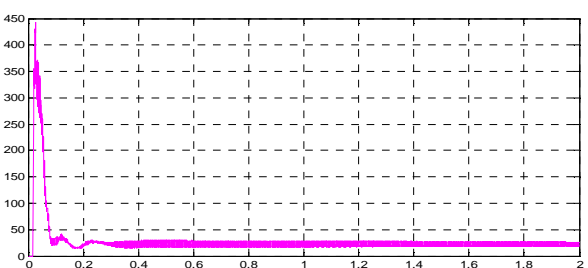


Hình 6. Mô hình điều khiển tuabin gió sử dụng MFD đồng bộ nam châm vĩnh cửu nối lưới.

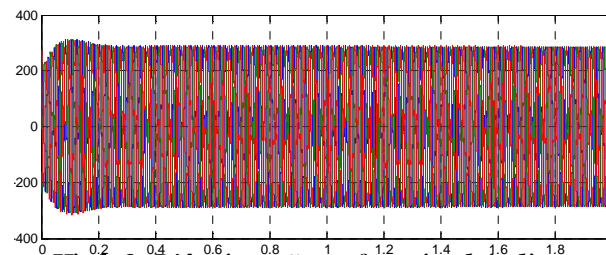
3.2. Kết quả mô phỏng trên Matlab- Simulink



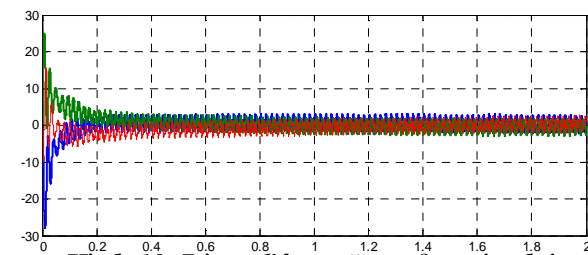
Hình 7. Công suất P (W)



Hình 8. Công suất Q (Var)



Hình 9. Điện áp ngõ ra của máy phát dùng tuabin gió

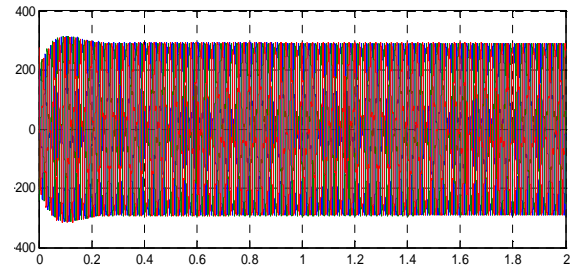


Hình 10. Dòng điện ngõ ra của máy phát dùng tua bin gió

(Tiếp theo trang 17)...

4. Kết luận

Khi vận tốc gió $v = 4\text{m/s}$, thì tuabin gió dùng MFD đồng bộ nam châm vĩnh cửu bắt đầu khởi động và vận hành tối ưu khi vận tốc gió đạt giá trị 12m/s , lúc đó góc cánh $\beta = 0$ và tốc độ đầu cánh $\lambda = 6.75$. Qua kết quả mô phỏng tại thời điểm $t = 0.2\text{s}$ thì tần số, điện áp, góc pha hoàn toàn đáp ứng với các điều kiện hòa MFD nối lưới.



Hình 11. Điện áp máy phát của tuabin gió nối với lưới điện

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Ngọc, *Điện gió*, Nhà xuất bản lao động, 2012.
- [2]. Nguyễn Phùng Quang, *Matlab & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, 2006.
- [3]. Lê Danh Liên, *Tiềm năng năng lượng gió ở Việt Nam và khả năng ứng dụng*, Trung tâm nghiên cứu năng lượng mới, Trường Đại học bách khoa Hà Nội, 2008.
- [4]. Alejandro Rolán, Álvaro Luna, Gerardo Vázquez, Daniel Aguilar, *Modeling of Variable Speed Wind Turbine with a Permanent Magnet Synchronous Generator*, IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2009.
- [5]. Ranjan K. Behera, Wenzhong Gao and Olorunfemi Ojo, *Simulation Study of Permanent Magnet Synchronous Machine Direct Drive Wind Power Generator using Three Level NPC Converter System*, IEEE, 2009.
- [6]. Saikumar, Saravanan, R.v.Sandip, vijaysridhar, *Modelling and control of a Wind Turbine using Permanent Magnet Synchronous Generator*, International Journal of Engineering Science Technology (IJEST), 2011.
- [7]. C.N.Bhende, S.Mishra, *Permanent Magnet Synchronous Generator- Based Standalone Wind Energy Supply System*, IEEE Transactions on Sustainable Energy, 2011.