

NÂNG CAO HIỆU SUẤT CỦA MÁY PHÁT ĐIỆN GIÓ CÔNG SUẤT NHỎ

RAISING THE OUTPUT OF LOW CAPACITY WIND GENERATOR

Trương Việt Anh

ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật TP. HCM

Đỗ Anh Khoa

CD Cộng Đồng Kiên Giang

Tôn Ngọc Triều

CD Viễn Đông TP. HCM

TÓM TẮT

Máy phát điện gió ngày càng phát triển mạnh mẽ vì cần giảm thiểu việc sử dụng nguồn năng lượng hóa thạch, giảm thiểu ô nhiễm môi trường... Hiện tại có rất nhiều công nghệ turbine gió nhưng làm việc với hiệu suất không cao ở điều kiện gió thấp, gió quẩn, gió thay đổi chiều cũng như về lí do kinh tế. Bài báo đề xuất các biện pháp nhằm nâng cao hiệu suất máy phát điện gió như giảm thiểu tổn thất công suất bằng cách lựa chọn cấp điện áp cao hơn, lựa chọn bộ truyền động hợp lí để nâng cao hiệu suất truyền động và lựa chọn số cực cho rô to máy phát điện kết hợp với tỷ số truyền. Các kết quả này được kiểm nghiệm trên mô hình máy phát điện gió công suất nhỏ.

ABSTRACT

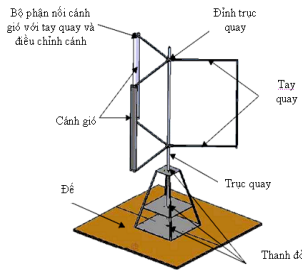
Wind generators are developed more and more powerfully today because of the need to cut down the fossil power and to reduce environmental pollution... Although there has been great progress in wind turbine technology, its output however is still rather low because of insufficient use of the wind and also of economic conditions. The methods used in this article aim at raising the output of low capacity wind generator to cut the power, namely by choosing the higher voltage, available gearbox transmission to raise the output and choose the magnet poles for generator which combines the transmission ratio. These results are tested in low capacity wind generator.

I. GIỚI THIỆU

Năng lượng hóa thạch ngày càng cạn kiệt và cũng như việc giảm áp lực cho lưới điện quốc gia, con người cần tìm ra một nguồn năng lượng mới để thay thế như năng lượng gió, năng lượng mặt trời, năng lượng sinh khối... Năng lượng gió đang được thế giới chú ý và khai thác mạnh mẽ với công nghệ ngày càng được phát triển. Các máy phát điện gió là cần thiết cho các hộ gia đình ở các vùng nông thôn, vùng sâu, vùng xa, vùng cao, hải đảo và các vùng không thể đưa điện đến. Hiện nay, thế giới có rất nhiều công nghệ về năng lượng gió. Tuy nhiên,

các công nghệ này làm việc có hiệu suất không cao khi nó làm việc ở điều kiện gió thấp, gió quẩn, chiều gió thay đổi liên tục [1]. Một số biện pháp được đề xuất nhằm nâng cao hiệu suất của máy phát điện gió công suất nhỏ để đáp ứng với điều kiện gió thấp, gió quẩn và chiều gió thay đổi liên tục cũng như việc giảm giá thành cho máy phát điện gió. Bài báo này đề xuất các biện pháp nâng cao hiệu suất máy phát điện gió bằng cách giảm thiểu tổn thất công suất, lựa chọn bộ truyền động hợp lí, và chọn số cực cho rô to máy phát điện gió.

chọn đề tài nghiên cứu trên mô hình tua bin gió trực đứng với kiểu dáng cánh Lenz2.



Hình 1.14. Kiểu dáng của VAWT

Hình 1. Hình dạng turbine gió trục đứng

II. PHƯƠNG PHÁP NÂNG CAO HIỆU SUẤT MÁY PHÁT ĐIỆN GIÓ

Máy phát điện gió công suất nhỏ sẽ phù hợp cho các hộ gia đình, bởi vì các hộ gia đình thường sử dụng công suất không lớn lắm và vì tốc độ gió thấp nên các hệ thống máy phát điện gió cần phải làm việc có hiệu suất cao nhằm đáp ứng nhu cầu sử dụng và điều kiện gió cũng như điều kiện về kinh tế. Bài báo đề cập đến máy phát điện gió loại trục đứng với kiểu dáng cánh là Lenz2, loại này sẽ phù hợp với điều kiện gió, chế tạo đơn giản và dễ vận hành...[2]

1. Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất của máy phát điện gió

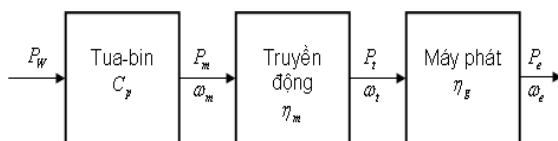
a. Hiệu suất của turbine [3]

Năng lượng gió ở điều kiện bình thường được tính theo công thức:

$$P_w = 0.647Au^3 \quad (W) \quad (1)$$

Năng lượng của turbine gió thực tế thường do giá trị C_p quyết định, C_p chính là hiệu suất của turbine. Hiệu suất tối ưu nhất của một turbine là 59.3%, trong thực tế đều không đạt đến giá trị này, mà chỉ nằm trong khoảng từ 20-30% [5]. Công suất cơ được tính:

$$P_m = C_p \left(\frac{1}{2} \rho Au^3 \right) = C_p P_w \quad (W) \quad (2)$$



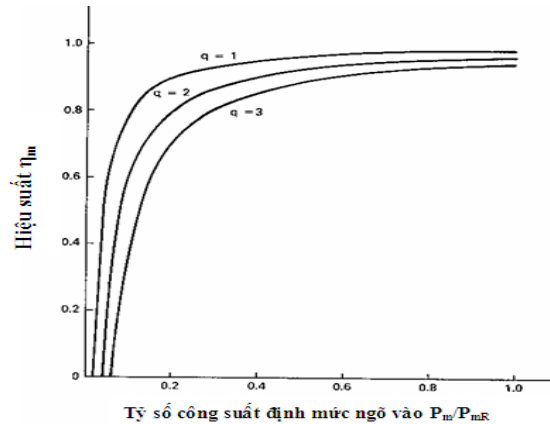
Hình 2. Hệ thống cơ bản

b. Hiệu suất của truyền động [3, 7]

Công suất khi qua bộ truyền động là:

$$P_t = \eta_m P_m \quad (W) \quad (3)$$

Với η_m là hiệu suất của bộ truyền động. Thất thoát truyền động chủ yếu do độ dính ma sát của bánh răng và trượt đỡ của trục xoay. Tỷ lệ thất thoát tùy thuộc chất lượng bộ truyền động, hiệu suất mất đi khoảng 1% đến 2% ở mỗi tầng bánh răng. Với q là số tầng bánh răng, như Hình 3.



Hình 3. Hiệu suất truyền với 1, 2, 3 tầng

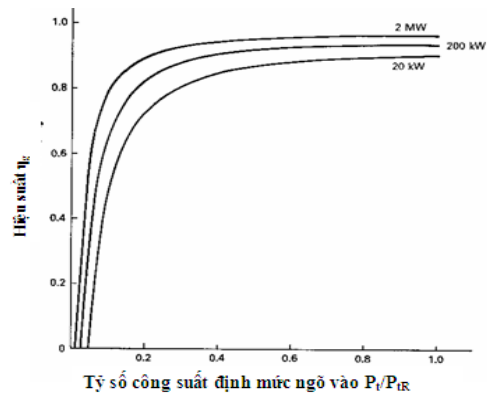
Với tốc độ gió thấp, tốc độ rô to cánh gió phụ thuộc vào tốc độ gió và đường kính rô to. Như vậy, lựa chọn bộ truyền động phụ thuộc vào các yếu tố: tốc độ gió trung bình, tốc độ rô to cánh gió n_2 và tốc độ máy phát điện n_1 .

c. Hiệu suất của máy phát [3, 6]

Công suất ngõ ra máy phát điện P_e :

$$P_e = \eta_g P_t \quad (W) \quad (4)$$

Máy phát càng lớn sẽ có hiệu suất cao hơn các máy nhỏ. Một số thất thoát tỉ lệ với diện tích rô to và một số khác tỉ lệ với công suất [5]. Sự thay đổi hiệu suất theo công suất khác nhau là do hiệu suất của turbine và bộ truyền động.



Hình 4. Hiệu suất máy phát của các cỡ máy. Các thất thoát trong máy phát điện:

Thất thoát do từ trễ và dòng điện xoáy, đây là hàm theo điện áp và tần số.
Thất thoát do khe không khí và ma sát trục đỡ, thay đổi theo vận tốc góc.
Thất thoát trên dây đồng, tỉ lệ với bình phương dòng điện tải.

Mức độ thất thoát tùy thuộc vào cấu tạo của máy phát.

d. Công suất và tổng hiệu suất [3, 7]

Trong máy phát điện gió có nhiều thông số liên hệ với nhau, làm ảnh hưởng đến hiệu suất của toàn hệ thống η_0 .

$$\eta_0 = C_p \eta_m \eta_g \quad (5)$$

Công suất điện ngõ ra của máy phát:

$$P_e = C_p \eta_m \eta_g P_w \quad (W) \quad (6)$$

ρ : mật độ không khí; A: diện tích rô to.

Như đã biết, công suất của máy phát điện đồng bộ ở đầu cực [6]:

$$P_{out} = mUI \cdot \cos\varphi \quad (7)$$

m: số pha.

Giả sử tải là không đổi: P_L , $Q_L = \text{const}$.

$$\text{Thì } \Delta U = \frac{R_u P_L + Q_L X_d}{U} \quad (8)$$

R_u ; X_d : điện trở và điện kháng của dây quấn.

Công suất P_{out} được tính như sau:

$$= m \cdot \sin\theta \left[3 \cdot 14 f \cdot \phi^2 \cdot K^2 d q \cdot R_\mu \right] - m \cdot \sin\theta \left[\frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\phi K d q \rho K R_\mu P_L \sqrt{J}}{U \sqrt{I}} \right] - m \cdot \sin\theta \left[\frac{4,44 f \cdot \phi \cdot K d q \cdot w \cdot Q_L}{U} \right] \quad (9)$$

+ f: tần số của máy phát điện (Hz).

+ ϕ : từ thông, phụ thuộc vào dòng kích từ và mạch từ của nam châm.

+ K_μ : phụ thuộc cách quấn dây.

+ R_μ : hệ số từ trở phụ thuộc vào mạch từ.

$$R_\mu = \frac{1}{\mu \cdot S}$$

μ : hệ số từ thẩm phụ thuộc vật liệu;

S: tiết diện của lõi thép quấn mạch từ.

+ $\rho = \text{const}$: điện trở suất của dây quấn.

+ $K_l = \text{const}$; $l = k_l \cdot w$ là chiều dài

và w là số vòng dây quấn.

+ $J = \text{const}$: mật độ dòng điện (A/mm^2).

+ U: điện áp đầu của tải (A).

+ I: dòng điện của tải (A).

Công suất ngõ ra P_{out} phụ thuộc các yếu tố:

Tốc độ quay của rô to máy phát điện: tần số càng cao thì P_{out} càng lớn. Do đó, từ tốc độ thấp của rô to cánh gió để có tốc độ cao phù hợp với tốc độ máy phát điện thì cần phải thông qua bộ truyền động.

Số đôi cực p: mỗi máy phát có số đôi cực phù hợp với kết cấu của nó. Số đôi cực càng lớn thì kết cấu của máy phát điện càng lớn và phải có vật liệu phù hợp. Để máy phát làm việc hiệu quả ở tốc độ thấp thì phải lựa chọn số đôi cực lớn và kết hợp với việc lựa chọn tỷ số truyền phù hợp.

Từ thông ϕ : từ thông phụ thuộc vào dòng kích từ. Thông thường trong các máy phát điện thường sử dụng nguồn kích từ là ác quy hay nam châm vĩnh cửu.

Điện áp U: điện áp ngõ ra càng lớn, khi đó sẽ giảm được tổn thất đồng.

2. Biện pháp nâng cao hiệu suất

Hiệu suất của hệ thống η_0 , phụ thuộc nhiều yếu tố: hiệu suất turbine, hiệu suất truyền động, hiệu suất máy phát, tổn thất công suất máy phát... Hiệu suất của turbine C phụ thuộc vào kiểu dáng cánh nện khó thay đổi, với turbine trục đứng kiểu dáng cánh Lenz2 có hiệu suất cao nhất đạt được là cao nhất là 38,9% [4].

Trong máy phát có rất nhiều tổn hao, cần giảm thiểu lượng tổn hao động của máy phát để công suất ra là lớn nhất.

- Lựa chọn hộp truyền động phù hợp với điều kiện gió thấp. Với tỷ số truyền khoảng 8 đến 40, phụ thuộc vào đường kính của rô to và chọn số tầng bánh răng là 2 tầng, dạng hình trụ, răng thẳng trong hộp kín có bôi trơn nhằm dễ dàng trong truyền động cũng như khởi động ở điều kiện gió thấp và hiệu suất truyền đạt khoảng 0.98.

- Hiệu suất máy phát phụ thuộc vào kết cấu, vật liệu, tốc độ và số cực... Lựa chọn số cực của máy phát có số cực lớn để phù hợp với tốc độ gió, với tỷ số truyền lựa chọn như trên, có thể lựa chọn máy phát điện khoảng 12 cực khi chọn tỷ số truyền là 12. Khi đó, máy phát điện làm việc hiệu suất

cao ở tốc độ 500vòng/phút. Hiệu suất của máy phát đạt 0.822

- Kết hợp tỷ số truyền với số cực của máy phát hợp lý sẽ làm hiệu suất của hệ thống nâng cao và giảm chi phí sản xuất máy phát điện gió công suất nhỏ.

III. XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH

1. Lưu đồ thiết kế

Lưu đồ thiết kế turbine gió công suất nhỏ trực đứng với kiểu dáng cánh Lenz2.

Bước 1: Khảo sát gió.

Bước 2: Xác định vận tốc gió.

Bước 3: Xác định công suất điện P_e ở ngõ ra mong muốn.

Bước 4: Ước lượng diện tích cánh thiết kế:

$$A = d_m * h \quad (11)$$

Với: d_m là đường kính cánh rô to (m);
 h là chiều cao cánh rô to (m).

Bước 5: Công suất gió tối đa thu được:

$$P_w = 0.647 * A * u^3 \quad (12)$$

Bước 6: Công suất cơ làm quay trục rô to:

$$P_m = C_p * P_w \quad (13)$$

Bước 7: Công suất qua bộ truyền động với hiệu suất truyền động là η_m

$$P_t = \eta_m * P_m \quad (14)$$

Tính tốc độ quay của rô to cánh gió:

$$n_2 = \frac{\lambda * u}{2 * \pi * r_m} * 60 \quad (\text{vòng/ph}); \lambda = 0.8 \quad (15)$$

Lựa chọn tỷ số truyền động i :

Tốc độ quay của máy phát điện là n_1 , tính được tỷ số truyền động $i = n_1 / n_2$;

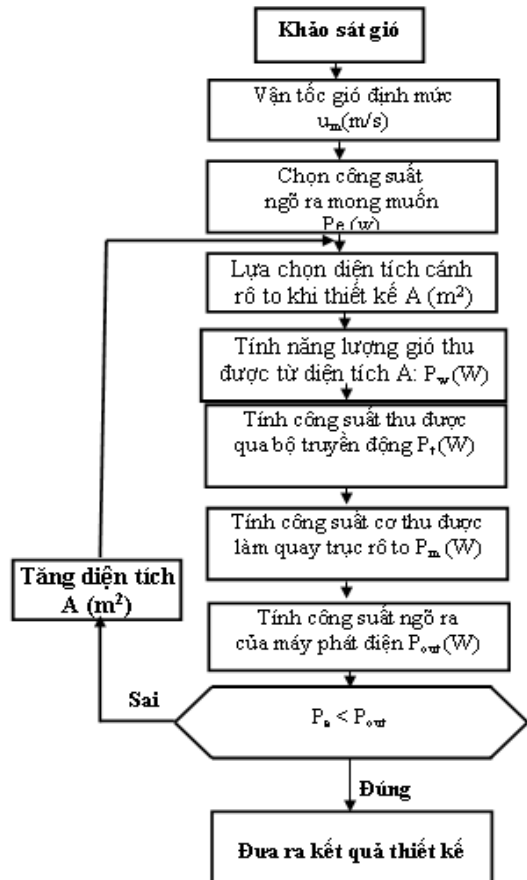
Nếu $i \leq 7$ thì lựa chọn một tầng bánh răng. Nếu $8 \leq i \leq 40$ thì lựa chọn 2 tầng bánh răng. Còn i lớn hơn thì chọn nhiều tầng hơn. Hiệu suất truyền được tính: nếu chọn 1 tầng, hiệu suất là 0.99 và nếu thêm tầng nữa thì hiệu suất giảm thêm 1%.

Bước 8: Công suất ra P_{out} của máy phát:
 $P_{out} = \eta_g * P_t \quad (W)$; η_g là hiệu suất máy phát.

Bước 9: Kiểm tra công suất ngõ ra P

- Nếu $P_{out} < P$ thì phải tăng^{out} lại diện tích^{out} cánh, tức phải quay lại bước 4.
- Nếu $P_{out} > P$ thì thực hiện bước 10.

Bước 10: Đưa ra chi tiết kết quả thiết kế



Hình 5. Lưu đồ thiết kế

2. Xây dựng chương trình thiết kế máy phát điện gió công suất nhỏ

- Tiêu chí thiết kế: Hiệu suất cao; cấu tạo đơn giản; dễ vận hành bảo dưỡng; thay đổi tốc độ nhờ bộ truyền động; thay đổi được diện tích cánh rô to; ít duy tu bảo quản; bền; điện áp 220VAC hay 24VDC...
- Công suất ngõ ra dự kiến của máy phát điện gió ở mức thường xuyên là 20W.

Bảng 1. Các thông số đầu vào

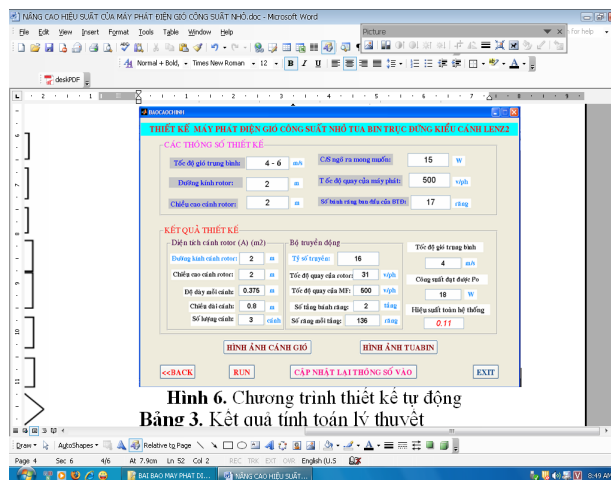
Thông số đầu vào	Vận tốc gió định mức	4 m/s
	Tỷ số tốc độ TRS	0.8
	Số cánh	3
	Kiểu dáng cánh	Lenz2
	Đường kính rô to	2 m
	Chiều cao cánh	2 m
Thông số đầu ra	Số tầng	2 tầng
	Diện tích rô to	4 m ²
	Công suất ngõ ra	20 W
Cánh	Đường kính, số tầng	Thay đổi được
Giàn, trụ	Cánh tôn	0.45 mm
	Sắt và thép	Sắt

Mô hình thiết kế và thi công có thông số đầu vào như Bảng 1 và đầu ra như Bảng 2.

Bảng 2. Các thông số đầu ra

Công suất thu từ gió	166 W
Hiệu suất turbine	0.398
Hiệu suất truyền động	0.98
Hiệu suất máy phát	0.278-0.822
Hiệu suất toàn hệ thống	0.11-0.313
Công suất ra	18.3- 52 W

Chương trình thiết kế tự động để tính toán và cho ra các kết quả đầu ra. Hình 6 là một ví dụ điển hình có thể nhập các thông số đầu vào và nhận được kết quả đầu ra.

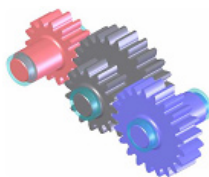
**Hình 6.** Chương trình thiết kế tự động**Bảng 3.** Kết quả tính toán lý thuyết**Hình 6.** Chương trình thiết kế tự động

Máy phát được lựa chọn để thi công là máy phát điện có cấu tạo gồm có hai phần chính là stator có 3 cuộn dây đặt lệch 120⁰ và rô to có 6 cực, như Hình 7.

**Hình 7.** Stator của máy phát điện

- Hộp truyền động được lựa chọn tỷ số truyền 8; 10; 12 và chọn hai tầng bánh răng. Chọn răng dạng hình trụ răng thẳng, được đặt trong hộp kín có bôi trơn, Hình 8. Hộp số

có thể thay đổi được tốc độ để có thể thí nghiệm được ở nhiều cấp tốc độ khác nhau.



Hình 8. Bánh răng trong truyền động

- Cánh rô to được làm 2 tầng, mỗi tầng có đường kính 2.0m và chiều cao mỗi tầng là 1.0m. Cánh được làm bằng tôn. Độ dày cánh 0.375m. Chiều dài cánh là 0.80m.
- Trụ đỡ, trục quay làm bằng thép tròn.
- Tay quay làm bằng thép, có thể trượt để thay đổi được đường kính cánh rô to.
- Giàn đỡ được làm bằng thép chữ V.



Hình 9. Mô hình máy phát điện gió thí công

IV. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Kết quả đo đạt trên mô hình máy phát điện gió. Tốc độ gió khảo sát ở độ cao 20m thường xuyên đạt được là 4.0m/s.

Từ các kết quả thí nghiệm, công suất đạt được gần bằng công suất tính toán khi thiết kế. Nhưng công suất đo được nhỏ hơn khi tính toán, vì khi thí công một số phần vận chưa đạt được hiệu suất như mong muốn. Nói chung các giá trị đo từ mô hình thể hiện gần đúng với các giá trị tính toán, công suất đạt thường xuyên mức 17W với hiệu suất toàn hệ thống là 0.102 và công suất đạt được khi vận tốc gió là 6m/s là 44W.

Bảng 3. Kết quả đo đạt ở các tốc độ gió

Vận tốc gió u (m/s)	Điện áp U (V)	Dòng tải I (A)	Công suất P (W)	Hiệu suất hệ thống η_0	Ghi chú
≤ 2	0	-	-	-	Quay chậm
3	12.5	0.45	5.63	0.081	
4	18.4	0.923	17.0	0.103	Thường xuyên
5	34.3	0.96	33	0.102	
6	45	0.98	44	0.079	
7	63	1.02	67	0.076	Cực đại
≥ 8	-	-	-		Ít xuất hiện

V. KẾT LUẬN

Từ các tài liệu nghiên cứu cũng như thí nghiệm trên mô hình máy phát điện gió công suất nhỏ. Bài báo đã đề xuất ra các biện pháp để nâng cao hiệu suất cho máy phát điện gió công suất nhỏ bằng cách giảm tổn thất trong máy phát điện, lựa chọn bộ truyền động và chọn số cực cho máy phát phù hợp với tỷ số truyền. Các biện pháp này không những nâng cao hiệu suất mà còn mang lại hiệu quả kinh tế khi sản xuất hàng loạt máy phát điện gió.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Đặng Đình Thống, “Năng lượng tái tạo ở Việt Nam,” Báo cáo trong khóa Đào tạo về năng lượng gió và ứng dụng, ĐHBK Tp.HCM 14-18/2008.

Gary.L. Johnson, “Wind Energy Systems.”

Electronic Edition, October, 2006.

J.F. Manwell, J.G. Mcgowan and A. L. Roger, *Wind Energy Explained Theory, Design and Application*, University of Massachusetts, Amharst, USA - John Wiley & Sons, Ltd.

Nguyễn Trọng Hiệp, Nguyễn Văn Lâm, *Thiết Kế Chi Tiết Máy* - NXB Giáo dục-2006.

Trần Khánh Hà, Nguyễn Hồng Thanh, *Thiết Kế Máy Điện*, NXB KHKT, 2006.

Vũ Gia Hanh, Trần Khánh Hà, Phan Tử Phụ, Nguyễn Văn Sáu, *Máy Điện*, NXB KHKT-2006.

www.windstuffnow.com/main/vawt.htm.