

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ HÌNH HỌC ĐẾN HIỆU SUẤT LÀM VIỆC CỦA TUA BIN TRỰC GIAO

Bùi Minh Hoàng^{1,*}, Nguyễn Sơn Tùng²

¹ Khoa Cơ - Điện, Trường Đại học Mở - Địa chất, Việt Nam, E-mail: bui minhhoang@humg.edu.vn

² Khoa Cơ - Điện, Trường Đại học Mở - Địa chất, Việt Nam, E-mail: nguyensontung@humg.edu.vn

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:
Nhận bài
Chấp nhận
Đăng online

Từ khóa: Tua bin trực giao, thiết kế cánh tua bin, tua bin thủy triều, năng lượng tái tạo

Nhu cầu sử dụng năng lượng của con người ngày một tăng cao cùng với sự phát triển của sản xuất, giao thông và nhu cầu sinh hoạt. Trong đó, phần lớn nguồn năng lượng được cung cấp dưới dạng điện năng và được cung cấp từ nguồn nhiên liệu hoá thạch, dầu mỏ. Việc sản xuất điện năng từ dầu mỏ, khí đốt hoặc than đá đang bộc lộ những bất cập về vấn đề môi trường và hơn nữa nguồn nhiên liệu này đang cạn kiệt dần. Những năm gần đây, trên thế giới đã nghiên cứu và ứng dụng phát triển loại tua bin trực giao để khai thác năng lượng dòng chảy ven biển, năng lượng thủy triều phục vụ phát điện. Loại tua bin này có ưu điểm là kết cấu đơn giản, nguyên lý hoạt động chủ yếu dựa vào động năng của dòng chảy và không phụ thuộc vào chiều của dòng chảy. Do đó, nó rất phù hợp để khai thác năng lượng dòng chảy ven biển, tại các cửa sông, cửa biển và năng lượng thủy triều. Việt Nam là một quốc gia có bờ biển dài tới 3260 km, 3/4 diện tích đất liền là đồi núi với hệ thống sông suối có tiềm năng thủy điện lớn. Do vậy, việc nghiên cứu phát triển nguồn năng lượng thủy điện và khai thác năng lượng biển có ý nghĩa rất thiết thực. Khai thác năng lượng thủy điện Việt Nam đã đạt được những thành tựu nhất định. Gần đây, năng lượng biển, năng lượng điện gió và năng lượng điện mặt trời đang được nghiên cứu, phát triển. Với mong muốn đưa ra được mẫu tua bin trực giao phù hợp với điều kiện dòng chảy thực tế, phục vụ cho việc lựa chọn mẫu tua bin, thiết kế chế tạo bánh công tác tua bin, nhóm nghiên cứu đã đi sâu nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số hình học (tỷ số hình học H/D, mật độ dây cánh l/t) đến hiệu suất làm việc của tua bin trực giao với phương pháp nghiên cứu phân tích lý thuyết và xây dựng mô hình mô phỏng trong môi trường Ansys Fluent. Kết quả mô phỏng khảo sát với biên dạng cánh NACA18, tỷ số hình học H/D = 1, dòng chảy có vận tốc tính toán 2,5 m/s cho thấy hiệu suất làm việc của tua bin không chỉ phụ thuộc vào thông số hình học mà còn phụ thuộc vào yếu tố động học (hệ số vận tốc). Hiệu suất đạt giá trị cực đại khi hệ số mật độ dây cánh đạt xấp xỉ 0,32 ứng với hệ số vận tốc đạt 2,37. Trong nghiên cứu này cũng phát hiện ra rằng, với mỗi một tỷ lệ mật độ dây cánh, tua bin có một vùng vận tốc làm việc nhất định cho hiệu suất cao. Đây là cơ sở quan trọng để tính toán thiết kế tua bin trực giao.

© 2023 Trường Đại học Mở - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Nhu cầu sử dụng nguồn năng lượng của con người ngày một tăng cao do hoạt động sản xuất, giao thông và đời sống. Đặc biệt là điện năng – một nguồn năng lượng có nhiều tính năng ưu việt như truyền dẫn đơn giản, sạch và dễ dàng sử dụng, ... Theo số liệu thống kê trong năm 2021, tổng nhu cầu năng lượng điện của Việt Nam là

214 bn kWh. Các nguồn cung cấp năng lượng chính của Việt Nam là nhiệt điện (151,35 bn kWh), thủy điện (53,95 bn kWh) và một phần tới từ năng lượng điện gió (856,31 m kWh) và điện mặt trời (worlddata.info). Trong đó, năng lượng hoá thạch là dạng năng lượng không tái tạo và tiềm ẩn nguy cơ gây ô nhiễm môi trường, biến đổi khí hậu cần phải loại bỏ dần. Điều này đặt ra

yêu cầu cần phải thay thế dần nguồn năng lượng hoá thạch bởi nguồn năng lượng tái tạo, năng lượng sạch hơn như thủy điện, năng lượng điện gió, năng lượng thủy triều và năng lượng điện mặt trời. Việt Nam là một đất nước nằm trong khu vực nhiệt đới với 3/4 diện tích đất nước là đồi núi với hệ thống sông ngòi khá dày đặc đem lại tiềm năng thủy điện rất lớn. Bên cạnh đó, Việt Nam có bờ biển trải dài từ Bắc vào Nam với tổng chiều dài lên tới 3260 km đem lại tiềm năng khai thác năng lượng thủy triều, năng lượng biển rất lớn.

Trên thế giới, đã có khá nhiều nghiên cứu ứng dụng khai thác năng lượng sóng biển, năng lượng dòng hải lưu. Nhiều thiết bị đã được chuyển giao công nghệ và trở thành sản phẩm thương mại. Tuy vậy, cách đây khoảng 10 năm, tua bin thủy triều vẫn đang ở giai đoạn nghiên cứu và thử nghiệm (Dendy Satrio và nnk, 2016).

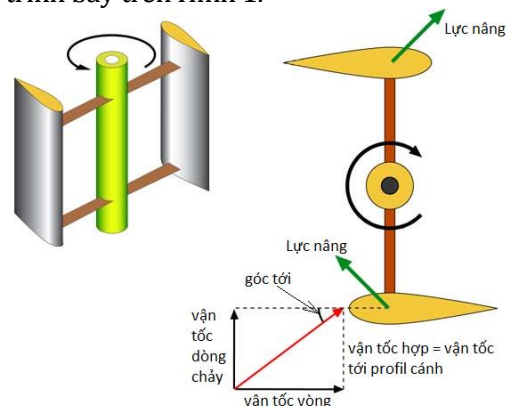
Tua bin trực giao chủ yếu dùng để khai thác năng lượng dòng chảy có vận tốc và lưu lượng nhỏ. Với đặc điểm các cánh có biên dạng giống nhau bố trí xung quanh một trục quay nên loại tua bin này có thể tiếp nhận dòng chảy từ mọi hướng và biến đổi động năng của dòng chảy thành cơ năng trên trục tua bin. Thêm vào đó, với kết cấu trục đứng, phần máy phát điện hoàn toàn có thể đặt cao hơn mặt nước, tua bin có thể được đỡ bằng phao nổi (Dendy Satrio và nnk, 2016). Vì vậy, tua bin trực giao rất phù hợp để khai thác năng lượng dòng chảy, dòng hải lưu hoặc gió quẩn (tua bin gió). Đây là đặc điểm vượt trội của loại tua bin này so với các loại tua bin còn lại. Với tiềm năng ứng dụng của loại tua bin này, đến nay đã có một số nghiên cứu phát triển tua bin trực giao với các quy mô khác nhau. Các thiết kế, thử nghiệm giúp nâng cao dần cơ sở lý thuyết tính toán thiết kế cũng như hiệu suất của loại tua bin này. Nó trở thành dạng tua bin đặc biệt hiệu quả đối với các dòng chảy thủy triều, dòng chảy ven sông, ven biển. Mục đích để khai thác năng lượng của dòng chảy có vận tốc nhỏ và hướng dòng chảy biến đổi liên tục. Trên thế giới, các nhà nghiên cứu còn xây dựng ý tưởng khai thác năng lượng dòng chảy theo xuất hiện tại khu vực lân cận biên dạng của ô tô, xe buýt, tàu hỏa bằng cách đặt các tua bin trực giao (tua bin gió) tại đường cao tốc hoặc tại đường ray tàu hỏa.

Tua bin trực giao thuộc nhóm máy cánh dẫn vì vậy các thông số hình học, biên dạng của cánh

là yếu tố cơ bản quyết định hiệu suất làm việc của tua bin. Với mỗi trường vận tốc tốc, một dãy cánh nhất định thì cần có các thông số hình học tương ứng nhằm tối ưu về hiệu suất hoặc giảm ồn hoặc ổn định vận tốc (Farhan A. Khammas và nnk, 2015) và (Remi Gosselin và nnk, 2013). Vì vậy, việc nghiên cứu hoàn thiện lý thuyết tính toán loại tua bin này, từ đó đưa ra được mẫu bánh công tác phù hợp với điều kiện dòng chảy, có hiệu suất cao, là một nội dung cần thiết.

2 Cơ sở lý thuyết dòng chảy qua tua bin trực giao

Tua bin trực giao làm việc theo nguyên lý lực nâng do dòng chảy tác dụng lên một vật ngập. Một dòng chảy ổn định, đường dòng đều suôn với vận tốc ở xa vô cùng khi chảy qua biên dạng cánh của tua bin sẽ xảy ra sự phân bố lại vận tốc và đường dòng, các đường dòng ở phía bụng cánh có xu hướng giảm tốc độ và tập trung, ngược lại đường dòng ở phía lưng cánh thưa hơn và vận tốc dòng chảy tăng lên, kết quả là hình thành hai vùng có áp suất chênh lệch. Từ đó, dẫn tới áp lực tác dụng lên bề mặt cánh bất đối xứng, kết quả hình thành một lực đẩy cánh. Lực này gọi là lực nâng, nếu cánh được gắn cố định với trục quay thì lực này sinh ra mô men làm cánh quay quanh trục (Lê Kinh Thanh, 2003) và (M. Khan và nnk, 2009). Lực nâng hay còn gọi là lực thủy khí động học phụ thuộc vào hình dạng khí động của cánh và rôto, với các kích thước đặc trưng: dạng profile cánh, chiều dài dây cung l , chiều dài sải cánh (với tua bin trực giao thì chính là chiều cao rô to H), bán kính rô to R , bước cánh t (số lá cánh Z). Sơ đồ nguyên làm việc của tua bin trực giao được trình bày trên Hình 1.



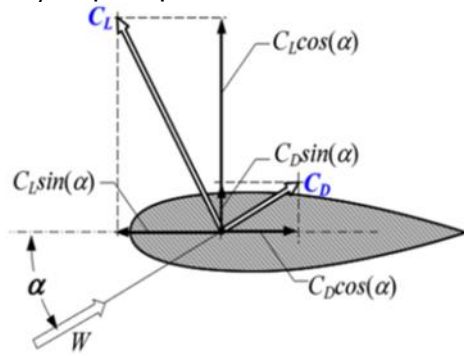
Hình 1 – Nguyên lý làm việc của tua bin trực giao (M. Khan và nnk, 2009)

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \omega \cdot V^2 \cdot \pi D^2 \cdot \frac{l}{t} \cdot \frac{H}{D} \cdot R \cdot a \cdot b$$

$$a = (C_L \sin \alpha - C_D \cos \alpha) \quad (9)$$

$$b = [(\lambda + \cos \theta \cdot (1-a))^2 + (\sin \theta \cdot (1-a))^2]$$

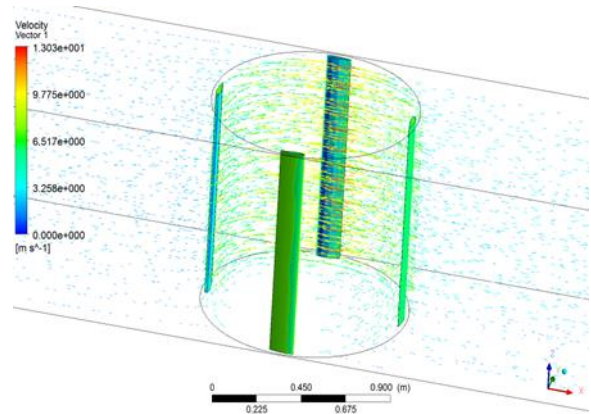
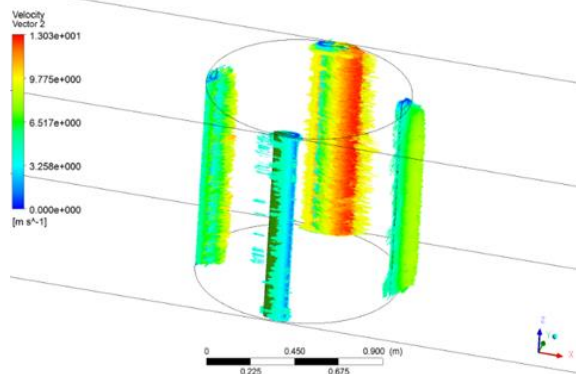
Theo biểu thức (8) cho thấy, các thông số ảnh hưởng đến công suất của tua bin trực giao gồm: số vòng quay n, tỷ số hình học H/D, mật độ dây cánh l/t, hệ số vận tốc λ .



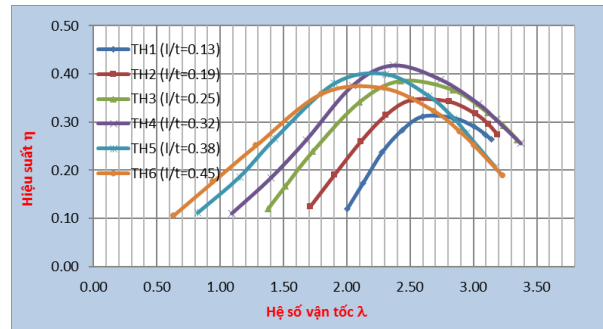
Hình 4 - Các thành phần lực khí động tác dụng lên biên dạng cánh

3. Kết quả khảo sát mối quan hệ giữa thông số hình học tới đặc tính cánh

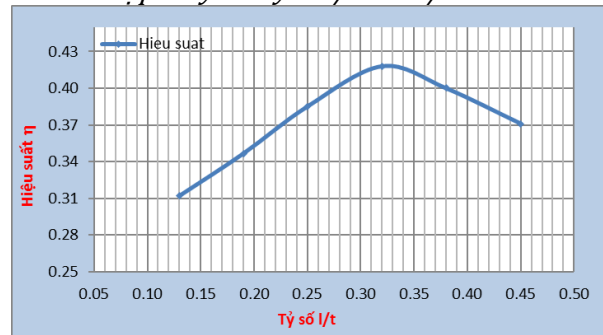
Sử dụng phần mềm Ansys Fluent để mô phỏng, đánh giá ảnh hưởng một số thông số hình học tới đặc tính năng lượng cho tuabin trực giao với các thông số như sau: Công suất tổ máy 3kW, đường kính bánh công tác D=1000mm; biên dạng cánh Naca18; Vận tốc dòng chảy tính toán v = 2.5m/s (Nguyễn Quốc Tuấn và nnk, 2017):



Hình 5 - Phân bố vận tốc dòng chảy qua bánh công tác có l/t = 0.13 với trường hợp hệ số mô men lớn nhất $C_m = 0.13$, hệ số vận tốc $\lambda = 2.6$



Hình 6 - Đường quan hệ $\eta = f_1(\lambda)$ cho các trường hợp thay đổi tỷ số l/t với H/D = 1



Hình 7 - Đường quan hệ $\eta = f(l/t)$ cho các trường hợp thay đổi tỷ số l/t với H/D = 1

Kết quả cho thấy:

- Khi vận tốc dòng chảy tăng hay hệ số vận tốc λ tăng thì hiệu suất của các mô hình tua bin nghiên cứu tăng theo và đạt đến giá trị lớn nhất, sau đó giảm dần.

- Khi tăng tỷ lệ mật độ dây cánh l/t thì hiệu suất của tua bin cũng tăng theo, theo kết quả mô phỏng tính toán thì trường hợp l/t = 0.32 là trường hợp tua bin làm việc với hiệu suất cao

nhất tại giá trị $\eta = 0.418$ ($C_p = 0.44$) ứng với $\lambda = 2.37$ so với các trường hợp còn lại.

4. Thảo luận

Kết quả mô phỏng dòng chảy qua dãy cánh của bánh công tác cho thấy phân bố dòng chảy qua biên dạng lá cánh bánh công tác có hiện tượng dòng rối, vận tốc dòng chảy tăng dần từ mép vào cho đến mép ra của profile cánh bánh công tác. Có chênh lệch vận tốc giữa mặt trước và mặt sau của biên dạng cánh, có thành phần vận tốc xoay tròn tại vùng giữa bánh công tác đảm

5. Kết luận

Trên cơ sở nguyên lý làm việc của tua bin trực giao, tính ưu việt của loại tua bin trực giao trực đứng và kết quả mô phỏng đặc tính làm việc của tua bin với một mẫu profile cánh tiêu chuẩn cho thấy hoàn toàn có thể xây dựng một bộ thông số hình học của bánh công tác tua bin trực giao trên cơ sở khảo sát đặc điểm dòng chảy, điều kiện thủy văn của một khu vực cụ thể.

Lời cảm ơn

Nhóm nghiên cứu xin được gửi lời cảm ơn tới Ban tổ chức Hội nghị Cơ học toàn quốc về Cơ khí – Điện – Tự động hoá đã tạo điều kiện cũng như động viên, tạo nguồn lực giúp nhóm nghiên cứu thực hiện công trình nghiên cứu này. Đồng thời, xin trân thành cảm ơn Ban biên tập và Tập thể phản biện đã đóng góp ý kiến quý báu giúp chúng tôi hoàn thiện bài báo này.

Đóng góp của các tác giả

Bùi Minh Hoàng và Nguyễn Sơn Tùng đã nghiên cứu, tìm kiếm tài liệu thiết kế máy cánh dẫn, tua bin trực giao. Bùi Minh Hoàng phụ trách xây dựng mô hình và mô phỏng dòng chảy qua cánh tua bin nhằm khảo sát đặc tính hiệu suất làm việc của tua bin. Nguyễn Sơn Tùng biên soạn nội dung bài báo. Đồng thời, Bùi Minh Hoàng chịu trách nhiệm đọc và kiểm soát lỗi bản thảo.

Tài liệu tham khảo

Bài báo đăng trên tạp chí

bảo cho sự tạo mômen quay cho bánh công tác tua bin.

Kết quả phân tích lý thuyết và mô phỏng cho thấy hệ số vận tốc và tỷ lệ dãy cánh là hai yếu tố ảnh hưởng trực tiếp tới hiệu suất làm việc của tua bin. Khi tăng tỷ lệ dãy cánh đồng nghĩa với tăng diện tích làm việc của bánh công tác, năng lượng trao đổi giữa bánh công tác và dòng chảy tăng lên. Tuy nhiên, việc tăng dần tỷ lệ dãy cánh lại gây ra bất lợi bởi dòng chảy bị nhiễu động sau khi chảy qua cánh. Như vậy, với một trường vận tốc nhất định nhờ mô hình mô phỏng ta có thể xác định được một tỷ lệ dãy cánh hợp lý.

Dendy Satrio, I Ketut Aria Pria Utama, Mukhtasor, (2016). Vertical Axis Tidal Current Turbine: Advantage and Challenges Review. *Proceeding of Ocean, Mechanical and Aerospace – Science and Engineering, Vol. 3*. November 7th, 2016, Indonesia.

Farhan A. Khammas, Mustaffa, M.T, Ryspek U, Kadhim H.Askar, Ahmed Y. Quasimr, Ghulam A. Quadir (2015), Investigate the effect of different design parameter on performance evaluation of straight blade vertical axis wind turbine (SB-VAWT). *International Journal of engineering technologies and management research*.

Lê Danh Liên, Nguyễn Văn Bày, Đỗ Huy Cường, (2003). Một số đặc điểm tính toán thiết kế bánh công tác và buồng xoắn bơm ly tâm vận chuyển hỗn hợp nước với hạt rắn kích thước lớn. *Hội nghị Cơ học thủy khí toàn quốc năm 2003*.

Li W. G, (1992). Tính toán lý thuyết bơm ly tâm. *Hội nghị khoa học quốc tế về bơm cánh dẫn và hệ thống động lực, Singapore 1992*.

M. Khan, G. Bhuyan, M. Iqbal and J. Quaicoe, (2009). Hệ thống chuyển đổi năng lượng thủy động – Khảo sát đánh giá khai thác ứng dụng tua bin thủy triều dạng trực đứng và trực ngang. *Tạp chí nghiên cứu ứng dụng năng lượng*.

Nguyen Quoc Tuan, Nguyen The Mich, Do Huy Cuong, (2017). The Effect of D/H Aspect Ratio Change on Energy Characteristics of H-type Darrieus Turbine. *Journal of Science &*

*Technology (ISSN 2354-1083) No.122/2017
(page 48 – 51).*

Remi Gosselin, Guy Dumas, and Matthieu Boudreau (2013), Parametric study of H-Darrieus vertical-axis turbines using uRANS simulations. *The 21st Annual Conference of the CFD Society of Canada, Sherbrooke, Canada, May 6–9/2013.*

Giáo trình

Lê Kinh Thanh, (2003), Giáo trình Thủy động lực học kỹ thuật. *Trường đại học Mở - Địa chất.*

THE EFFECT OF GEOMETRIC DEMENSIONS TO EFFICIENCY OF TIDAL FENCES

ABSTRACT

Nowadays, the energy consumption always increases, particular electricity energy. Most of electricity energy production comes from coal, natural gas or mineral oil. Electricity power is more and more convenient and benefit. However, fossil fuel is unfriendly to environment. It is caused by greenhouse gas emission and pollution. Renewable energy is a suggestion solution. Vietnam is a country with a coastline 3260 km long. So ocean power is a potential. Tidal turbine have been developed to exploit ocean currents for energy generation. There are several configurations of tidal turbine such as Propeller hydrokinetic turbine, Tidal fences, Tidal kites, Ducted turbine, Archimedes spiral, etc. Tidal fences has advantage feature by owning unique structure. Tidal fences are composed of several vertical aerofoil blades which turn around a vertical main shaft. There are from three to five blades or more. This configuration allows the tidal turbine get the ocean current from any orient. In addition, Tidal fences have less impact on the ocean environment because there is no conduit or dam. Therefore, using Tidal fences is one of the efficient, more environmental solution of renewable electrical power generation. However, it's evident that the engineers have to analyse, design the aerofoil blades such as the number of blades, the height of blades, profile and materials, also control system. All of parameters need to respond the area condition such as the velocity of stream, the water depth, the wave, etc. Profile, radius and other geometric dimensions strongly influence the efficiency. By theoretical approach, this paper illustrates the strong relationship between profile and efficiency. The results of this research is a base datum for design Tidal fences in a given area.

Key words: Tidal turbine, Ocean electrical power generation, Tidal fences, Renewable energy