

TÍNH TOÁN XÁC ĐỊNH CÁC KÍCH THƯỚC HÌNH HỌC CHÍNH VÀ CÁC ĐIỀU KIỆN THỦY ĐỘNG ĐỂ HỆ THỐNG TUABIN DÒNG CHIỀU ĐẠI DƯƠNG LÀM VIỆC ỔN ĐỊNH

PRELIMINARY DETERMINATION OF GEOMETRICAL AND HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR A MARINE CURRENT TURBINE WORKING STABLY

GS, TS. Nguyễn Thế Mịch¹, TS. Vũ Văn Trường¹, Cán Công Thắng¹, ThS. Đoàn Minh Tần²

¹Bộ môn Máy tự động Thủy khí, Viện Cơ khí Động lực, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

²Viện Bơm và Thiết bị Thủy lợi, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

TÓM TẮT

Bài báo này giới thiệu những kết quả bước đầu của việc nghiên cứu năng lượng đại dương. Xác định các kích thước cơ bản của tuabin dòng chảy đại dương làm việc ở vận tốc dòng chảy phù hợp với tiềm năng, năng lượng dòng chảy đại dương của một số nơi ngoài biển khơi Việt Nam. Các tính toán nhằm xác định một kiểu lắp đặt dựa trên sự cân bằng lực thủy động để giữ trạng thái làm việc của hệ thống tuabin ngoài đại dương. Phương án đảm bảo hướng tương tác của dòng chảy với hệ thống cánh. Cách bố trí, cách thiết kế để hệ thống cánh có trục của rô to luôn luôn trùng với trục của dòng chảy. Phương án bố trí chung để triệt tiêu mô men cản của tuabin tác động lên hệ thống khung dầm treo tuabin cùng với các lực thủy động và các mô men thủy động tạo nên trạng thái làm việc cân bằng của tuabin trong đại dương. Các tính toán này là rất quan trọng nhằm đảm bảo hệ thống tuabin có được sự cân bằng tốt nhất khi làm việc ngoài đại dương.

Từ khóa: *Tua bin dòng chiều đại dương; Phân tố cánh.*

ABSTRACT

This paper presents several preliminary results in initial ocean energy researches. Preliminary geometrical parameters for marine current turbines working at ocean current velocities, which are proper in offshore potentials of Vietnam, are determined. The determination is considered based on conservation of hydrodynamic forces in order to stabilize the working system of underwater ocean turbine. The current stabilization conditions between turbine blades and upstream are also studied. Accordingly, the rotor assessment and design are also studied to align with upstream direction. As the results, the negative torque of the turbine blades due to hydrodynamic effects working on the rotor is automatically ignored, making the mechanical system of the turbine stable in the ocean. This evaluation is significant in order to keep the turbine system, including hydrodynamic operation and mechanical operation, working at the highly efficient conditions.

Keywords: *Marine current turbines, blade element.*



1. THÔNG SỐ THIẾT KẾ

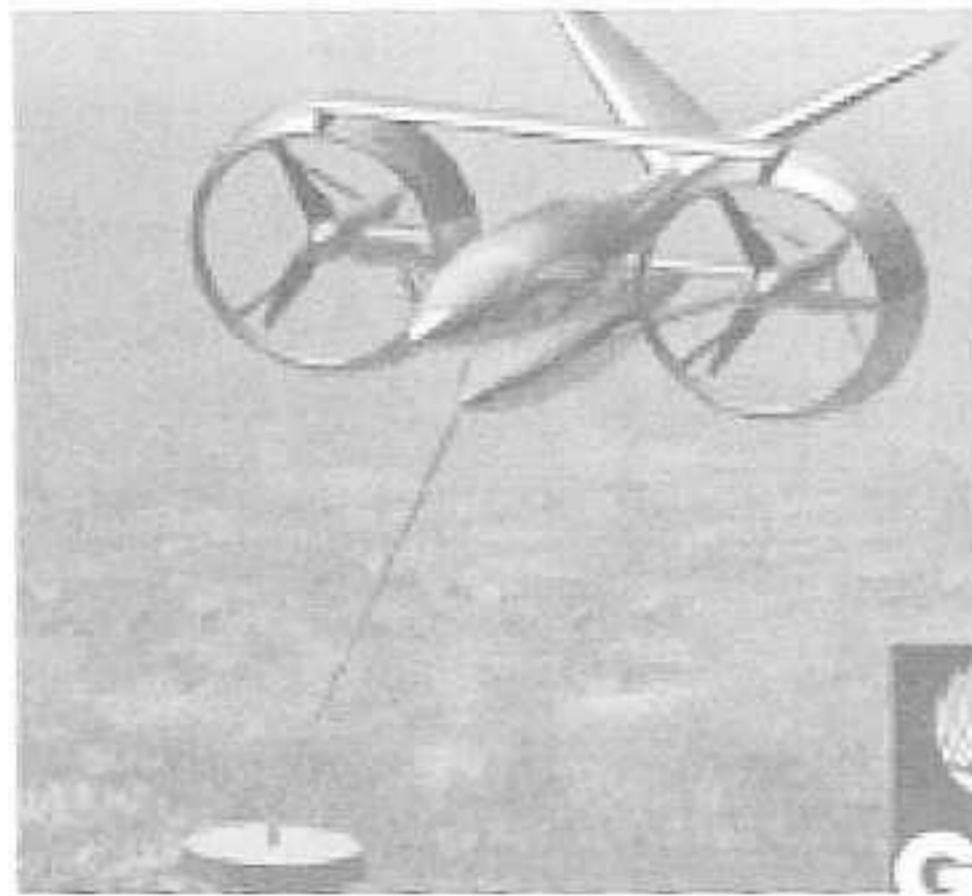
Tua bin dòng hải lưu kiểu trục ngang 100kW.

Vận tốc của dòng hải lưu 2.5 m/s.

Làm việc theo nguyên tắc tự xác lập ổn định vị trí trong dòng chảy.

Phương án hai tuabin bố trí đối xứng (mỗi tua bin 50kW).

Sơ đồ nguyên lý làm việc của tuabin dòng chảy tự ổn định vị trí:



Với kết cấu và nguyên tắc định vị tuabin trong dòng chảy, như vậy tuabin sẽ tự động xoay hướng luôn luôn đảm bảo trục của tuabin trùng với trục của dòng chảy. Vị trí của hệ thống tuabin được tính toán sao cho không ảnh hưởng đến các phương tiện giao thông trên mặt biển và hệ thống cánh tuabin làm việc trong vùng có thay đổi không đáng kể theo các phương tại nơi lắp đặt. Trong khuôn khổ bài báo này, chúng tôi đi xác định các kích thước của cánh để chế tạo phần roto của tuabin - Bộ phận chính quyết định chất lượng của tuabin dòng chảy trục ngang.

Xác định các kích thước cơ bản của hệ thống cánh tuabin

Xác định đường kính:

Ta có:

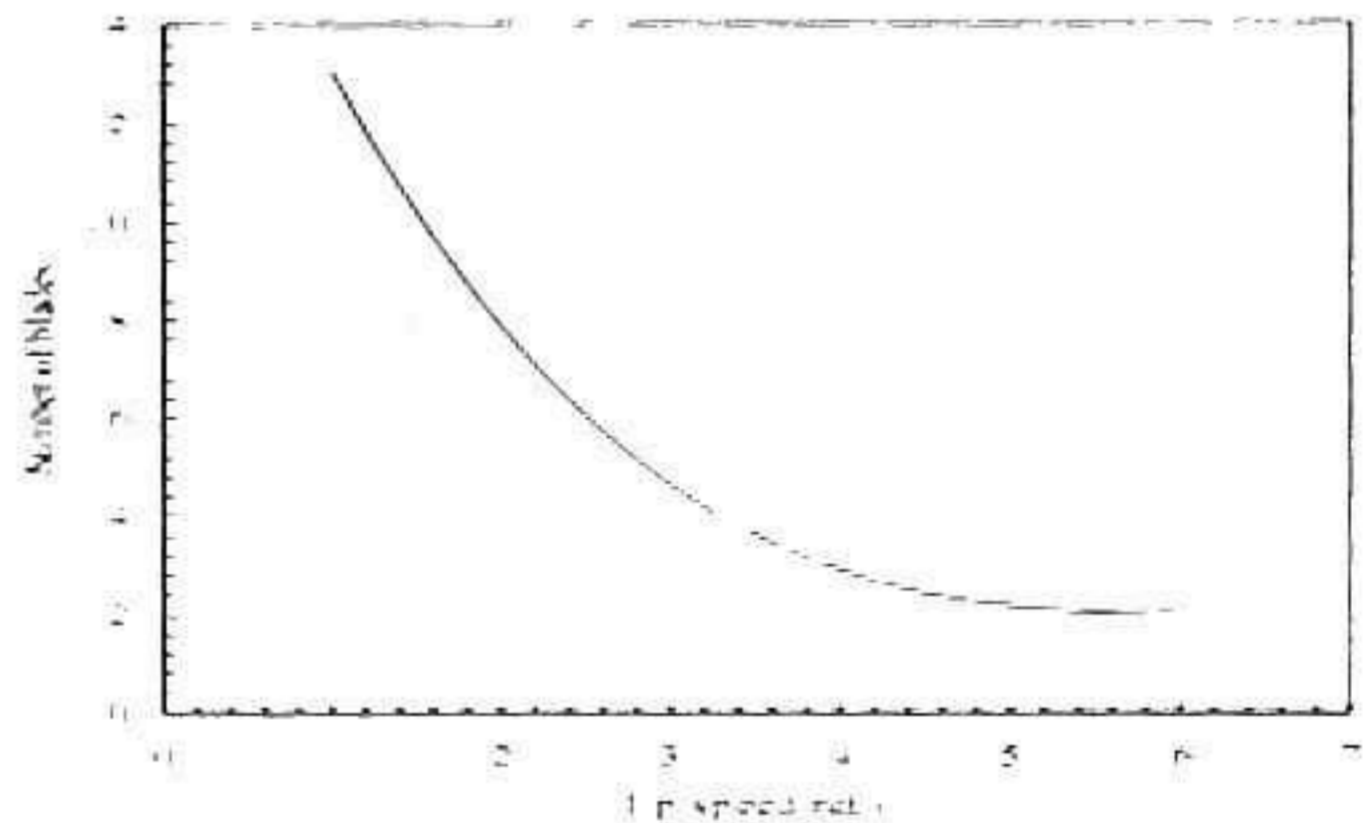
$$P = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot \eta_{ck} \cdot \eta_{mf} = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot v^3 \cdot \eta_{ck} \cdot \eta_{mf}$$

$$\text{Suy ra: } D = \sqrt{\frac{8 \cdot P}{C_p \cdot \rho \cdot \pi \cdot v^3 \cdot \eta_{ck} \cdot \eta_{mf}}} \quad (\text{m}).$$

P- Công suất yêu cầu. (W), C_p - Hệ số công suất. ρ - Khối lượng riêng của nước biển (kg/m^3), v- Vận tốc dòng chảy (m/s), η_{ck} ; η_{mf} - Hiệu suất cơ khí; Hiệu suất máy phát.

Với $P = 50 \cdot 10^3$ (W); $\eta_{ck} = 0,98$; $\eta_{mf} = 0,98$; $v = 2.5$ (m/s); $\rho = 1030$ (kg/m^3).

C_p - Chọn theo 2 đồ thị sau: Chọn số cánh theo $\lambda = f(z)$. Sau đó chọn $C_p = f(\lambda)$.



Hình 1.1· Đồ thị phụ thuộc của λ vào số cánh Z



Hình 1.2: Hệ số công suất C_p theo tỉ tốc đầu mút cánh λ

$Z=3$ theo đồ thị 1 $\lambda=4$, dựa vào đồ thị 2 $C_p=0.47$. Tính được: $D=4.07$ (m), ta có vận tốc quay của roto Ω .

$$\frac{\lambda.V}{R} = \frac{4.2,5}{2,035} = 4.9(\text{rad/s})$$

Bảng thông số của roto tua bin:

Thông Số	D (m)	n (vg/p)	vận tốc	Ω (rad/s)	λ
	4.07	n = 47	2.5	4.9	4

2. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CÁNH TUABIN

Chọn Profin NACA 63824 cho các mặt cắt dọc theo chiều dài cánh. Sau này ta sẽ thay đổi profin tại vùng chân cánh để đảm bảo điều kiện bền.

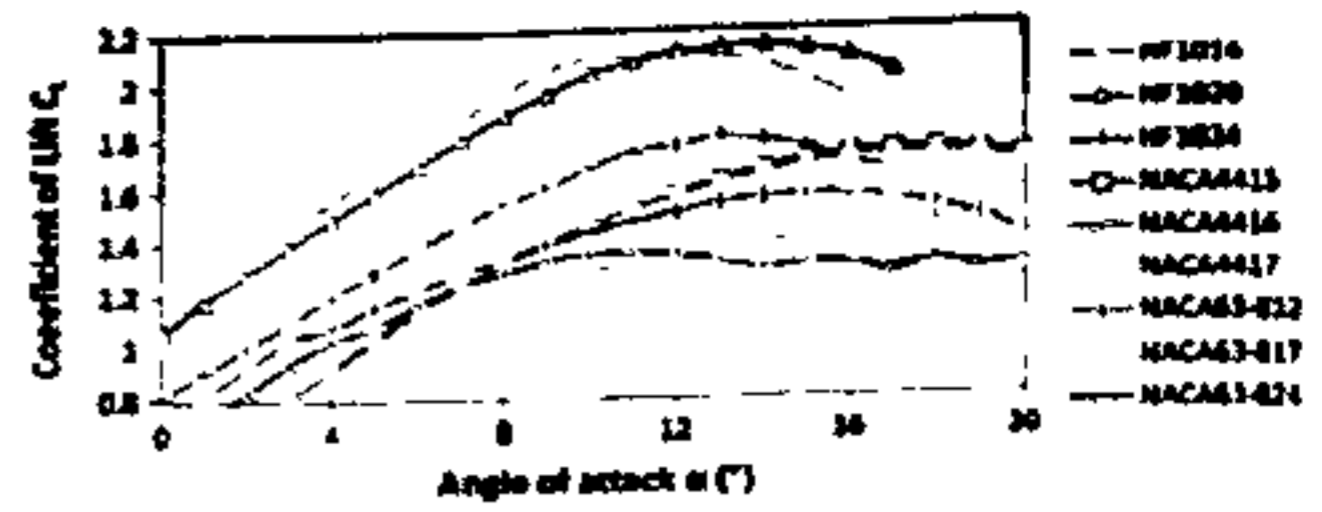
Với profin NACA 5 số: Định nghĩa với 5 số tự nhiên. Số thứ nhất nhân với 0.15 cho ta hệ số lực nâng C_L thiết kế. 2 số tiếp theo chia cho 20 cho ta khoảng cách từ độ dày lớn nhất đến đầu mũi cánh. 2 số cuối chỉ độ dày lớn nhất tính theo phần trăm dây cung.

Ta chọn profin NACA 63-824 để nghiên cứu tính toán cho cánh tuabin do Naca 63-824 tạo lực nâng tốt, có tâm áp đảm bảo độ ổn định.

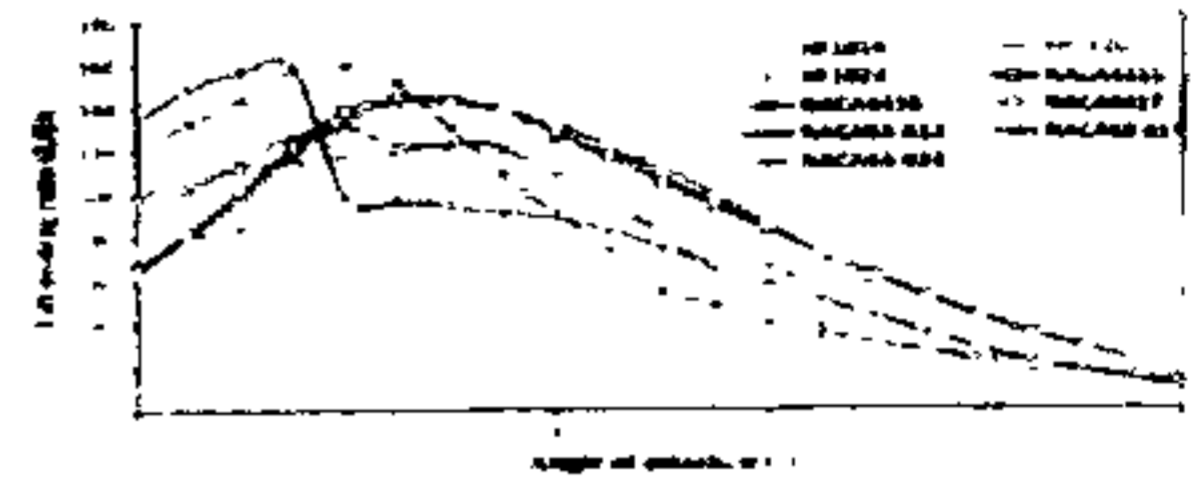
Mỗi một profin, ta có được một đồ thị mối quan hệ của C_L theo α , C_D theo α và hệ số $\gamma = C_L/C_D$ theo α với NACA 63824, ta có các đồ thị như sau:

+ Sự thay đổi của hệ số lực nâng C_L theo góc tấn (hình 1.4).

+ Sự thay đổi của tỉ số lực nâng trên lực cản C_L/C_D theo góc tấn (hình 1.4).



Hình 1.4: Sự phụ thuộc C_L vào góc tấn của NACA 63824



Hình 1.5: Sự phụ thuộc C_L/C_D vào góc tấn NACA 63824

Từ 2 đồ thị trên, ta có thể xác định được góc tấn tối ưu. Ta có $\alpha=5^\circ$. Khi xác định được góc tấn tối ưu ta sẽ xác định được hệ số lực nâng và lực cản tại góc tấn tối ưu: $C_L=1,006$; $C_D=0,00697$.

Nghiên cứu động lượng cánh khi quay và tìm được biểu thức sau:

$$\frac{W^2}{U_\infty^2} \cdot Z \cdot \frac{c}{R} (C_L \sin \varphi - C_D \cos \varphi) = 8\pi \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot a' \cdot (1-a)$$

Với λ là tỉ số vận tốc mút cánh $\lambda = \frac{\Omega r}{U_\infty}$

và $x = \frac{r}{R}$ là tỉ số bán kính.

Để tiện tính toán giả sử $C_D = 0$ khi đó:

$$\frac{W^2}{U_\infty^2} \cdot Z \cdot \frac{c}{R} (C_L \sin \varphi - C_D \cos \varphi) = \frac{W^2}{U_\infty^2} \cdot Z \cdot \frac{c}{R} C_L \sin \varphi = 8\pi \lambda x^2 a' (1-a)$$

Thay vào biểu thức trên ta có:

$$Z \cdot \frac{c}{R} \cdot C_L = \frac{8\pi \cdot \lambda \cdot x^2 \cdot a'}{\sqrt{(1-a)^2 + \lambda^2 x^2 (1+a')^2}}$$

Vế phải của biểu thức trên phụ thuộc vào hệ số dòng a, a'. Để hiệu suất của cánh max

thì a, a' phải thỏa mãn: $a = \frac{1}{3}$ và $a' = \frac{2}{9\lambda^2 x^2}$

Thay giá trị của a và a' vào biểu thức trên ta có:

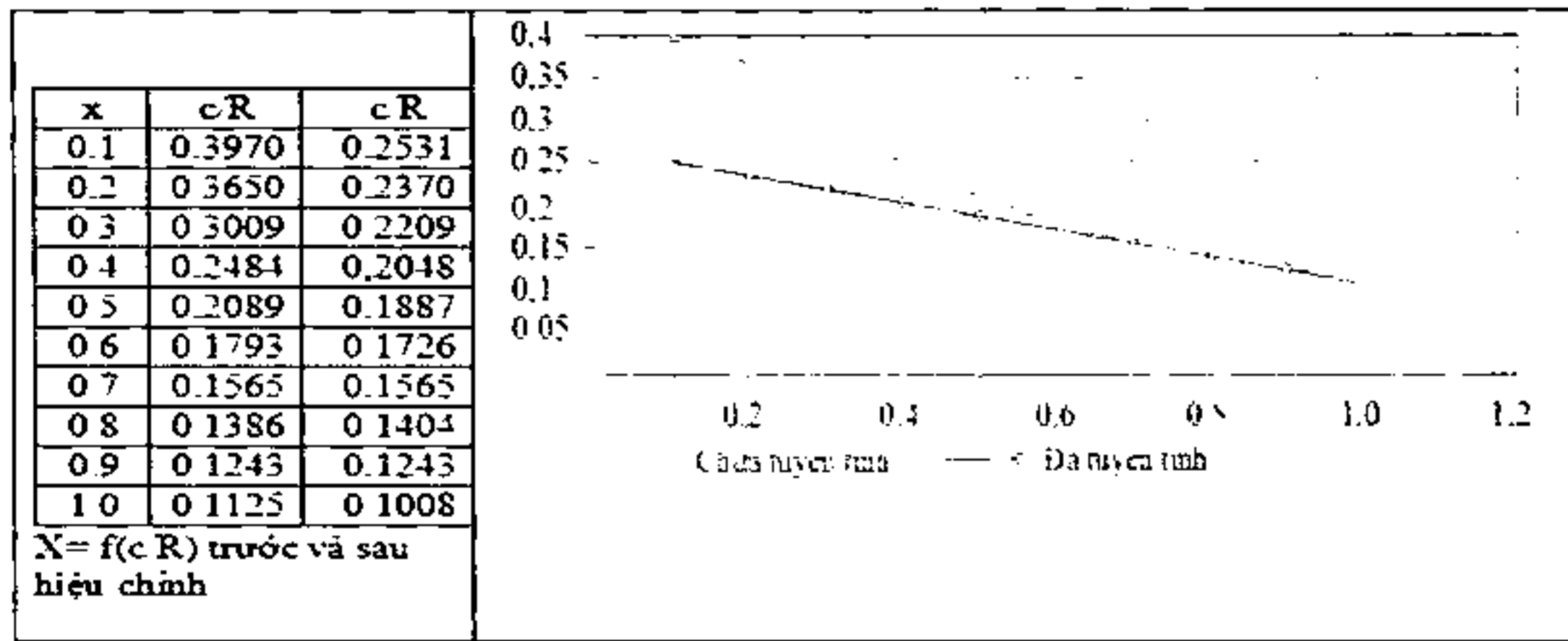
$$Z \cdot \frac{c}{R} \cdot C_L = \frac{16\pi}{9\lambda \sqrt{\frac{4}{9} + (\lambda x + \frac{2}{9\lambda x})^2}}$$

Dựa vào đồ thị ta có với Z=3, λ=4, Với Z = 3, Cl = 1.006 sao cho hệ số chất lượng khí

động lớn nhất. Ta có bảng quan hệ giữa: $\frac{c}{R}$ và x.

$$\frac{c}{R} = \frac{16\pi}{Z \cdot C_L \cdot 9 \cdot \lambda \sqrt{\frac{4}{9} + (\lambda x + \frac{2}{9\lambda x})^2}}$$

Việc chế tạo hình dáng cánh tua bin theo đường cong này là rất khó đạt độ chính xác. Ta xây dựng dây cung cánh là một đường thẳng đi qua 70% và 90% bán kính, đường thẳng này vẫn đảm bảo vùng hiệu suất cao.

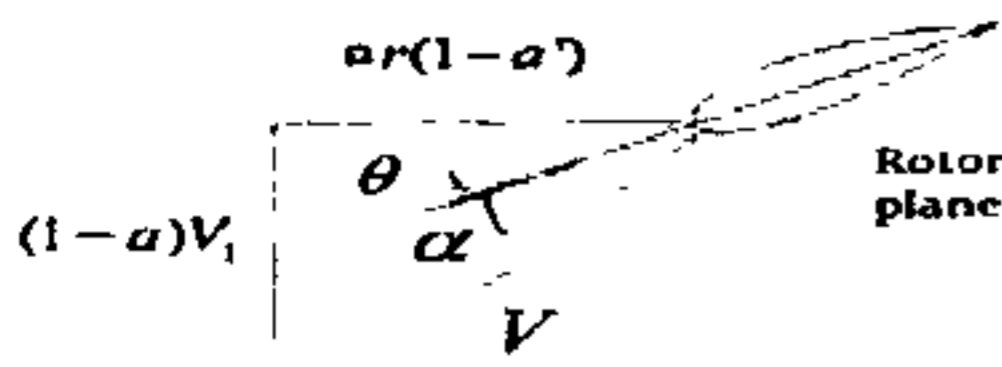


Hình 12: Đồ thị c/R theo tỉ số bán kính x trước và sau khi hiệu chỉnh

Để xác định góc đặt cánh β ta xác định góc phương vị cánh φ của dòng theo công thức: $\varphi = \frac{2}{3} \cdot \arctan\left(\frac{1}{\lambda x}\right)$. Góc đặt cánh: $\beta = \omega - \alpha$ với $\alpha = 5^\circ$.

x	φ	β	r _i	c/R	C _L	C _{Ltb}	C _D	C _{Dtb}
0.1	44.4	39.4	0.2035	0.2531	1.006	1.006	0.00697	0.00697
0.2	34.2	29.4	0.4070	0.2370	1.006	1.006	0.00697	0.00697
0.3	26.5	21.5	0.6105	0.2209	1.006	1.006	0.00697	0.00697
0.4	24.4	19.4	0.8140	0.2048	1.006	1.006	0.00697	0.00697
0.5	17.7	12.7	1.0175	0.1887	1.006	1.006	0.00697	0.00697
0.6	15.1	10.1	1.2210	0.1726	1.006	1.006	0.00697	0.00697
0.7	13.1	8.1	1.4245	0.1565	1.006	1.006	0.00697	0.00697
0.8	11.5	6.5	1.6280	0.1404	1.006	1.006	0.00697	0.00697
0.9	10.3	5.3	1.8315	0.1243	1.006	1.006	0.00697	0.00697
1.0	9.3	4.3	2.0350	0.1008	1.006	1.006	0.00697	0.00697

Vận tốc tuyệt đối:



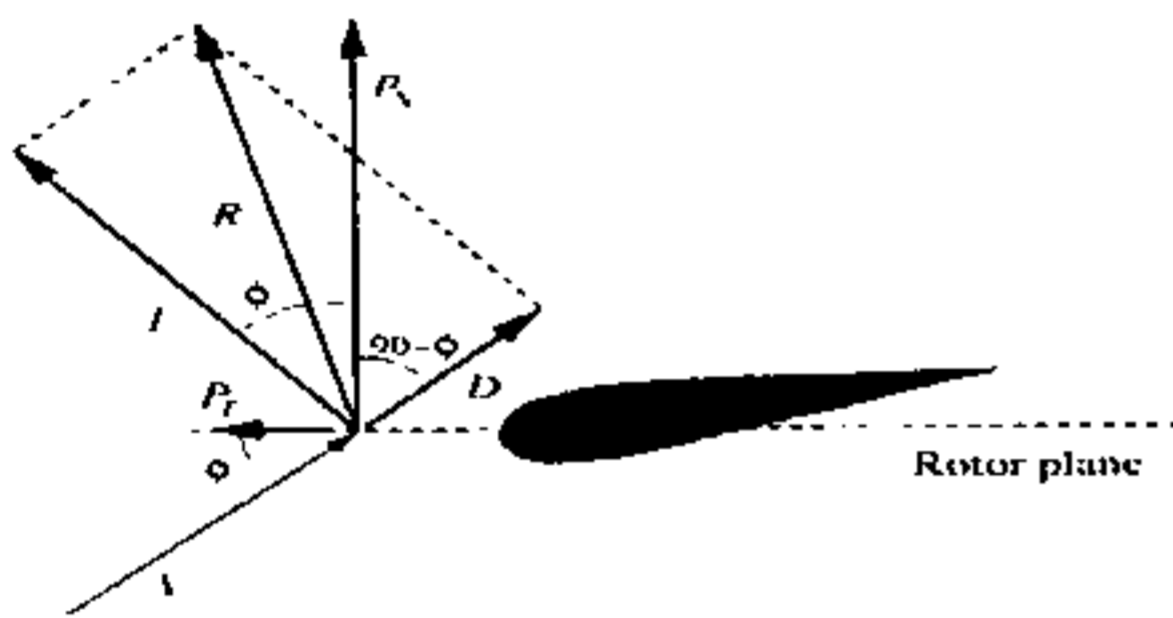
Vận tốc tuyệt đối:

$$V = \sqrt{[(1-a)V_1]^2 + [(1-a')\Omega r]^2}$$

$$a = \frac{1}{3}; a' = \frac{2}{9\lambda^2 x^2}$$

Trong đó:

Lực dòng chảy tác dụng lên cánh tua bin:



$$P_N = L \cdot \cos\varphi + D \cdot \sin\varphi$$

$$P_T = L \cdot \sin\varphi - D \cdot \cos\varphi$$

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Kết quả tính toán: Ta có công suất của tua bin $P = M \cdot \Omega$

Δ_{ttb}	c_{th}	S_{ki}	$\sin\varphi_{tb}$	$\cos\varphi_{tb}$	a'	P(KW)
0.2035	0.498081	0.10359	0.633380	0.773840	1.388888	
0.2035	0.463647	0.094352	0.505280	0.8629549	0.347222	
0.2035	0.429214	0.087345	0.4297232	0.9029606	0.154320	
0.2035	0.394780	0.080338	0.3591825	0.93326733	0.086805	
0.2035	0.360347	0.073331	0.2823414	0.9593139	0.055555	
0.2035	0.325913	0.066323	0.2436150	0.9698720	0.038502	
0.2035	0.291480	0.059316	0.2130303	0.9770455	0.028344	
0.2035	0.257046	0.052309	0.189095	0.9819587	0.021701	
0.2035	0.222613	0.045302	0.1702094	0.9854078	0.017146	
Công suất tua bin tại vận tốc dòng chảy của điểm tính toán						5.085

-Lực nâng:

$$L = 0,5 \cdot \rho \cdot c \cdot C_L \cdot V^2$$

-Lực cản:

$$D = 0,5 \cdot \rho \cdot c \cdot C_D \cdot V^2$$

Xét 1 phân tử cánh ta có lực và mô men tác dụng lên cánh tuabin:

$$dT = Z \cdot P_N \cdot dr$$

$$dT = Z (L \cdot \cos\varphi + D \cdot \sin\varphi) dr = Z \cdot (0,5 \cdot \rho \cdot c \cdot C_L \cdot V^2 \cdot \cos\varphi + 0,5 \cdot \rho \cdot c \cdot C_D \cdot V^2 \cdot \sin\varphi) dr$$

$$dM = r \cdot Z \cdot P_T \cdot dr$$

$$dM = r \cdot Z \cdot (L \cdot \sin\varphi - D \cdot \cos\varphi) dr = Z \cdot r \cdot (0,5 \cdot \rho \cdot c \cdot C_L \cdot V^2 \cdot \sin\varphi - 0,5 \cdot \rho \cdot c \cdot C_D \cdot V^2 \cdot \cos\varphi) dr$$

$$(0,5 \cdot \rho \cdot c \cdot C_L \cdot V^2 \cdot \sin\varphi - 0,5 \cdot \rho \cdot c \cdot C_D \cdot V^2 \cdot \cos\varphi) dr$$

Ta chia cánh làm 9 phần với 10 mặt cắt ta có:

$$M_1 = 0,5 \cdot P \cdot Z \cdot r \cdot V^2 \cdot (C_{L_{tbi}} \cdot \sin\varphi_{tb} - C_{D_{tbi}} \cdot \cos\varphi_{tb}) \cdot S_{ki}$$

Với $C_{L_{tbi}}$: Là hệ số lực nâng của profile cánh ứng với góc tấn α .

$C_{D_{tbi}}$: Là hệ số lực cản profile cánh ứng với góc tấn α : Số cánh tua bin ($Z=3$).

S_{ki} : Diện tích phân tử cánh của mỗi thành phần cánh tuabin: $S_{ki} = \Delta r_{tb} \cdot \frac{c_i + c_{i+1}}{2}$.

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở lựa chọn cấu hình, lựa chọn profile cánh cho các phân tổ cánh, góc xoắn, góc đặt cánh, bề rộng cánh theo bán kính của thuật toán tuyến tính. Ta lựa chọn số cánh. Lựa chọn tỷ số đầu mút cánh phù hợp với triết lý tối ưu các điểm phối hợp giữa máy phát và hệ thống cánh của tuabin dòng chảy, chúng ta đã thiết kế được một cấu hình đáp ứng được công suất của tuabin tại giá trị của vận tốc tại điểm tính toán. ❖

Ngày nhận bài: **05/12/2016**

Ngày phản biện: **14/12/2016**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lê Danh Liên, Đặng Đình Thống; “Cơ sở năng lượng mới và tái tạo” Xuất bản năm 2006.
- [2]. Feasibility study of tidal current power generation for coastal waters: *Orkney and*

Shetland. Final Report, EU contract XVII=4 1040=92-41, ICIT, March 1995.

- [3]. Tidal stream energy review, UK DTI. Report ETSU T=05=00155=REP, prepared by Engineering and Power Development Consultants Limited, Binnie and Partners, Sir Robt. McAlpine and Sons Limited and IT Power Limited for the ETSU, UK Department of Energy. Crown Copyright 1993.
- [4]. Commercial prospects for tidal stream power. Binnie, Black and Veatch, Redhill, DTI=ETSU, Harwell, April 2001.
- [5]. Trịnh Chất – Lê Văn Uyển, “*Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí*” – Tập 1 và Tập 2. Xuất bản năm 1998.
- [6]. E. Hau, “Ocean Turbines”, Springer, 2000.
- [7]. G. L. Johnson, ‘Ocean energy systems’, Electronic Edition, December, 2001..
- [8]. Yaakob, O., Abdul Ghani, M. P., Tawi, K. B., Suprayogi, D. T., Aziz, A., and Jaafar, Kh. E. “Development of Ocean Wave and Current Energy Device” Proceedings Seventh UMT International Symposium on Sustainability Science and Management (UMTAS), UMT, Kuala Terengganu, Malaysia, (2008), 519-530.