

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ TUA BIN SAVONIUS PHÁT ĐIỆN CÓ CƠ CẤU GIẢM LỰC CẢN DỪNG CHO DÒNG CHẢY CỦA SÔNG HOẶC THỦY TRIỀU, PHÙ HỢP VỚI TIỀM NĂNG DÒNG CHẢY CỦA VIỆT NAM

PRELIMINARY CALCULATION AND DESIGN OF A SAVONIUS ELECTRICITY TURBINE WITH A DRAG-REDUCTION MECHANICAL SYSTEM WORKING IN INFLOW OR TIDE FLOWS UNDER THE PROPER POTENTIALS OF VIETNAM

GS,TS. Nguyễn Thế Mịch¹, TS. Vũ Văn Trường¹, Vương Văn Quyết¹,
ThS. Đoàn Minh Tân²

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 trình bày một số kết quả tính toán thiết kế tua bin Savonius khai thác dòng chảy tốc độ thấp để phát điện, phục vụ cho nhu cầu các hộ độc lập ven sông, ven biển. Đặc biệt, cho các nhu cầu điện năng của các tàu thuyền. Bài báo trình bày phương pháp tính toán cánh tua bin Savonius theo nguyên lý lực cản; cách tính toán bố trí thiết bị giảm sức cản cho những cánh đang ở vị trí không sinh mô men quay roto của tua bin để nâng cao hiệu suất trao đổi năng lượng của tua bin với dòng chảy. Bài báo cũng giới thiệu kết cấu bố trí chung của thiết bị này theo phương án trực đứng. Kết quả tính toán thiết kế trong bài báo này, sẽ được dùng làm số liệu để chế tạo một tổ hợp tua bin thực, cung cấp cho nhu cầu điện năng của một hộ, tiêu thụ tại cửa sông Hồng hoặc cửa các sông Mê Kông.

Từ khóa: Tua bin dòng chảy, tua bin dòng chảy trực đứng cánh tự điều chỉnh.

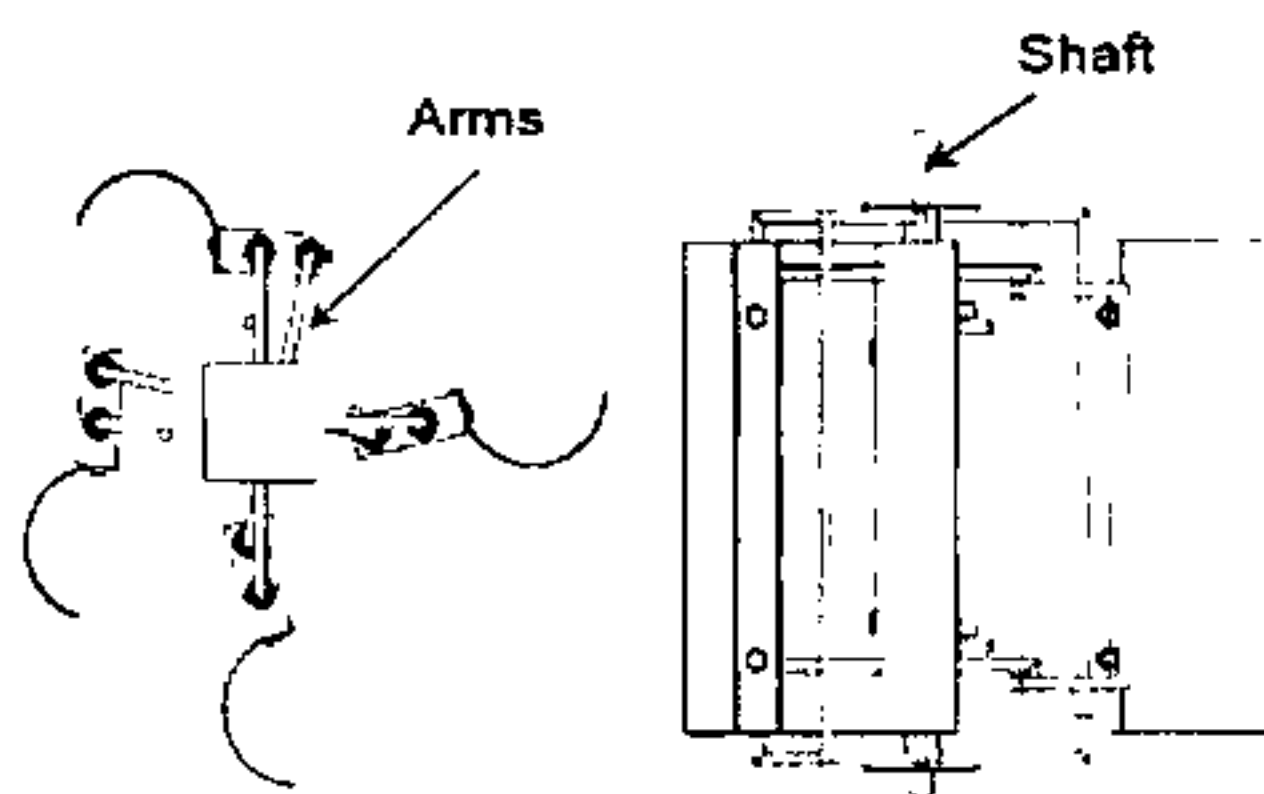
ABSTRACT

This paper presents several preliminary results for the design of Savonius turbine in order for low-speed flows to generate electricity in coastally residential areas. Specifically, the turbine is designed for electricity consumption of boat purposes. In particular, the first content of the paper shows a detailed calculation methodology for the Savonius turbine blades based on potential theory. The second content of the paper also demonstrates the methodology to determine the device layout in order to reduce drag due to directional deviation to the upstream direction of the flow. In more details, the distribution of the efficient device layout causes very small torque of the rotor blades of the turbine increasing energy-transmission efficiency between the turbine and flow. The last content of the paper also introduces the general structure in the vertical layout. All the preliminary results of this paper will be applied as a data base to design multiple Savonius turbines for electricity demand in several coastally residential areas.

Keywords: Current turbine, Self-rotation vertical axis current turbine.

1. LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN KẾT CẤU

Để khai thác hiệu quả trong dải vận tốc thấp, ta có thể tăng kích thước của tua bin dựa vào một loại kết cấu tua bin Savonius được gọi là Self-rotation vertical axis current turbine, tua bin hải lưu trục đứng, tự điều chỉnh quay cánh. So sánh với loại tua bin Savonius truyền thống thì có 2 đặc điểm mới được thêm vào đó là các cánh được lắp dài ra bởi các cánh tay đòn nhằm mục đích tăng mô men quay, thứ 2 đó là mỗi cặp cánh bánh công tác có một trục quay riêng nhằm thay đổi góc đặt cánh để giảm mô men cản lên cánh khi không ở vị trí sinh công hữu ích. Hình ảnh của tua bin mới được thể hiện trong hình 1.1



Hình 1.1: Mẫu thiết kế tuabin SR-VACT

Lực cản của dòng chất lỏng lên mỗi cánh bánh công tác với công thức:

$$R_x = C_x \cdot q \cdot S \quad (1.1)$$

C_x - Hệ số lực cản, phụ thuộc vào biên dạng của vật ở vị trí cản nước bằng 0,34.

q - Áp lực thủy động được xác định: $q = 0,5 \cdot \rho \cdot u^2$, u là vận tốc chất lỏng.

S : Tiết diện: $S = d \cdot H$ với d là đường kính, H là chiều cao của cánh.

Cánh hướng lõm xuống sẽ nhận được động năng của dòng nhiều, mặt khác cánh gáo lùi lên được xoay sao cho có diện tích tương tác nhỏ nhất để động lượng nhận được nhỏ nhất

Kết quả chênh lệch động lượng làm cánh quay. Động năng của dòng chất lỏng được xác định bằng biểu thức:

$$P = \frac{m \cdot u^2}{2} \text{ (Nm/s)}. \quad (1.2)$$

m - Khối lượng vật thể chuyển động;
 u - Vận tốc chuyển động của dòng.

Thể tích chất lỏng chuyển động với vận tốc u qua tiết diện A_s trong 1s bằng:

$$V_k = u \cdot A_s, \text{ m}^3/\text{s}. \quad (1.3)$$

Lưu lượng khối lượng của chất lỏng bằng:

$$m = \frac{G}{g} = \frac{\gamma \cdot u \cdot A_s}{g} \text{ (Ns/m)} \quad (1.4)$$

Thay giá trị của m vào biểu thức tính động năng ta được:

$$P = \frac{\rho \cdot u \cdot A_s \cdot u^2}{2} = \frac{\rho \cdot A_s \cdot u^3}{2} \text{ (W)}. \quad (1.5)$$

C_p được xác định:

$$C_p = \frac{P_i}{P_a} = \frac{P_i}{0,5 \cdot \rho A_s \cdot u^3} \quad (1.6)$$

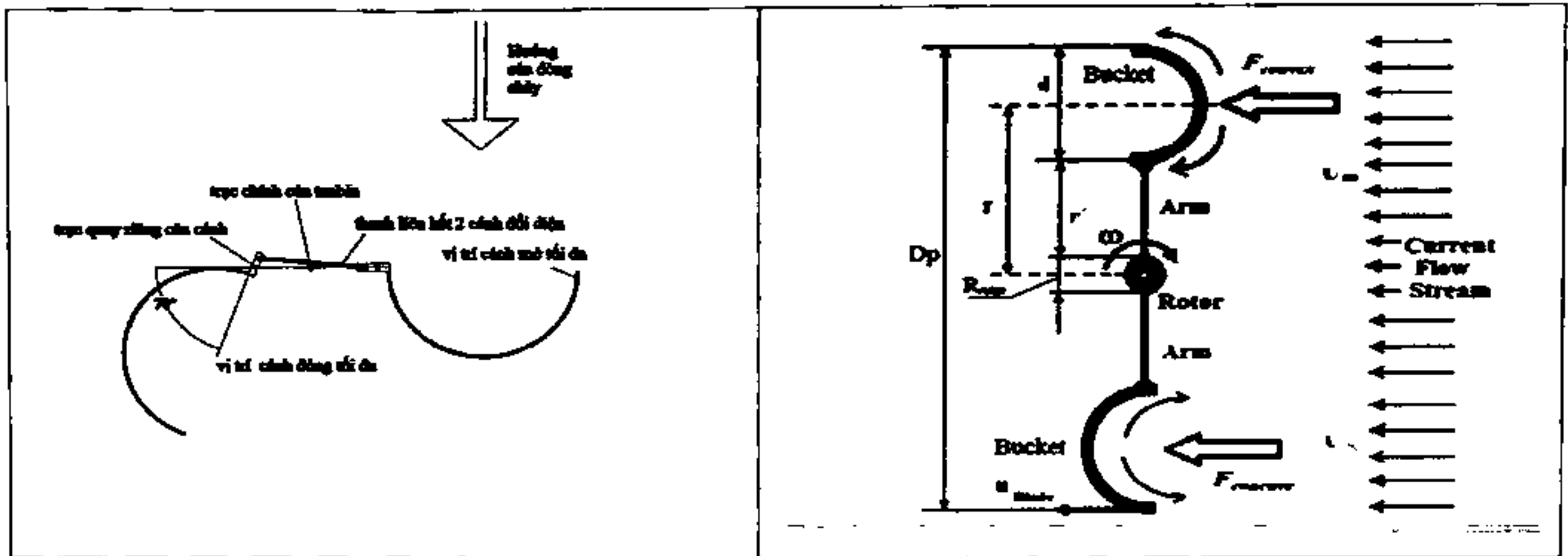
P_i là công suất lớn: $P_i = T \cdot \omega$ và

$$C_i = \frac{T}{T_w} = \frac{4T}{\rho \cdot A_s \cdot d \cdot u^2} \quad (1.7)$$

Hệ số công suất $C_p = f(\lambda)$ và hệ số mô men: $C_m = f(\lambda)$

$$\text{Công suất: } P = C_p \rho A_s \cdot u^3 \quad (1.8)$$

$$\text{Mô men: } T = \frac{C_i \cdot \rho \cdot A_s \cdot d \cdot u^2}{4} \quad (1.9)$$



Hình 1.2: Kết cấu và kích thước của tua bin sau cải tiến

2. THIẾT KẾ TUA BIN HẢI LƯU TRỰC ĐỨNG

Xác định chiều dài cánh tay đòn và cánh tay liên kết hai cánh đối diện.

Loại tuabin	Savonius
Chiều cao tuabin	1,5m
Đường kính tuabin	0,5m

$$r = R - \left(\frac{d}{2} \right)$$

Số $n_2 = 180$ hoặc 200 v/ph, công suất từ 0,5 – 2kw, $T_{mf} = 106,103\text{Nm}$.

Chọn $\lambda = 0,7$. Hệ số λ được xác định ta có thể tính được vận tốc góc trên trục:

$$\lambda = \frac{\omega.R}{u} \text{ suy ra}$$

$$\omega = \frac{u.\lambda}{R} = \frac{2,5.0,7}{0,5} = 3,5$$

Bảng 1. Các thông số đầu vào cho trước:

Số vòng quay trên trục tuabin	n_1	35v/ph
Số vòng quay trên trục máy phát điện	n_2	180v/ph
Đường kính tuabin	D	1m
Momen trên trục của máy phát điện	T_{mf}	106,103N.m
Chiều cao tuabin	H	1,5m
Vận tốc của chất lỏng tính toán	u	2,5m/s

Với các thông số trên, ta có thể xác định cánh tay đòn của tua bin:

$$r = \frac{T_{th}}{F}$$

T_{th} - Mô men trên trục của tua bin; F- Lực sinh ra trên cánh tua bin.

$$\text{Mô men trên trục tua bin: } T_{th} = k.T_{mf}$$

Tỷ số truyền của hộp tăng tốc:

$$k = n_2 / n_1 = 180 / 33,4 = 5,36$$

Lực sinh ra trên cánh tuabin được xác định bởi công

$$\text{thức: } F = p.A_s$$

Với nước biển: $\rho_{nb} = 1025 \text{ kg/m}^3$; u là vận tốc dòng chất lỏng chảy vào cánh.

Diện tích A_s đối với loại tuabin xác định theo công thức:

$$A_s = d.H$$

Với d là đường kính bánh công tác, H là chiều cao của tuabin.

Ta có: $r = R - \frac{d}{2}$ biến đổi ngược lại ta được:
 $d = 2(R - r)$

Thay các giá trị đã tính vào, ta sẽ tính được chiều dài cánh tay đòn tuabin, với đường kính cánh gáo 350mm, chiều cao tuabin 1500mm và đường kính tuabin 1000mm. Ta xác định được chiều dài cánh tay đòn của tuabin bằng.

Đường kính gáo bằng 350mm, đường kính tua bin 1000mm. Thiết kế làm sao khi cánh ở vị trí nhận năng lượng thì góc đặt cánh tối ưu nhất. Hướng của dòng chất lỏng đi vào cánh khi nhận năng lượng cần vuông góc với cánh gáo.

Vận tốc góc của tuabin bằng: $\omega = \frac{u}{R}$

Dải vận tốc từ 0,5 – 2,5 m/s, vận tốc góc tương ứng của tuabin.

Ta có diện tích của cánh bánh công tác:
 $A_s = d.H$

Lực tác dụng lên cánh gáo bằng áp suất tác dụng vào cánh gáo x A_s

Áp suất tác động lên cánh gáo được xác định như sau: $P = 0.5.\rho.u^2$

Với $\rho=1025$ (kg/m²). Momen bằng: $T=F.\omega$; công suất bằng: $P =T.\omega$

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

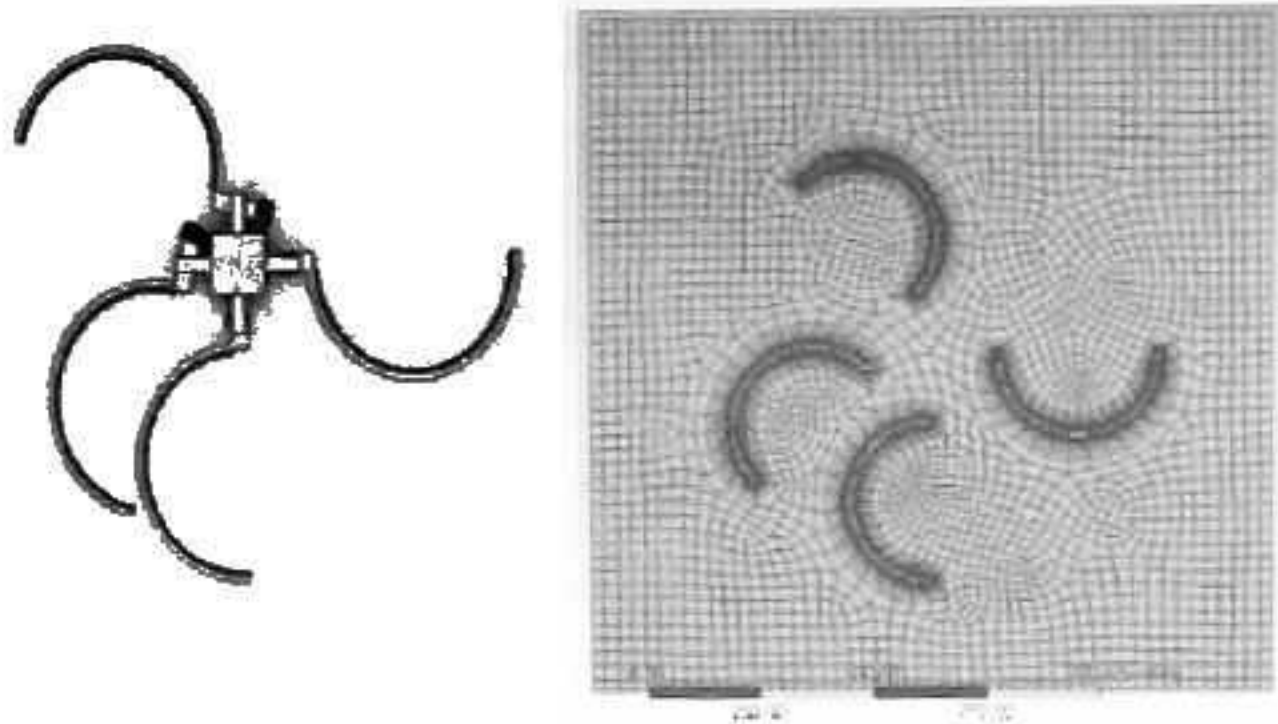
Bảng 2. Kết quả tính theo từng vận tốc cụ thể như sau:

U	Vận tốc góc	Cánh tay đòn	Áp suất tác dụng	Diện tích cánh	Lực	momen	Công suất
m/s	Rad/s	m	N/m ²	m ²	N	N.m	W
0,5	1	0.325	128,125	0,525	67,26	21,86	21,86
1	2	0.325	512,5	0,525	269,06	87,45	174,9
1,5	3	0.325	1153,125	0,525	605,39	196,75	590,25
2	4	0.325	2050	0,525	1076,25	349,78	1399,12
2,5	5	0 325	3203,125	0,525	1681,64	546,53	2732,65

Mô phỏng tuabin bằng phần mềm Ansys fluent:

Từ kết quả, ta nhận thấy với góc cụp vào 70⁰ sẽ cho mô men cán bé nhất, ta lựa chọn phương án thiết kế này để tính toán chiều dài tay liên kết cho tuabin.





Hình 1.3: Kết cấu tuabin thực và lưới hóa phục vụ mô phỏng



Hình 1.4: Miền áp suất phân bố trên các cánh tuabin



Hình 1.4: Miền vận tốc phân bố trên các cánh tuabin

Trên cơ sở các kích thước có được từ khâu thiết kế, chúng ta có thể tính toán được các thông số của tuabin dòng chảy trục đứng cánh tự điều chỉnh (Self-rotation vertical axis current turbine). Kết quả tính toán lý thuyết và kết quả mô phỏng cho ta thấy sự thống nhất về mặt giá trị của các thông số. Sự gia tăng được hệ số sử dụng công suất một cách đáng kể từ $C_p = 0.18$ đến $C_p = 0.33$. ❖

Ngày nhận bài: 05/12/2016

Ngày phản biện: 14/12/2016

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Mohamed, ALJEN and ADI MAIMUN. Low Speed Vertical Axis Current Turbine for Electrification of Remote Areas in Malaysia, *Marine Technology Centre, Faculty of Mechanical Engineering Universiti Teknologi Malaysia 81310 Johor Bahru, Johor*.
- [2]. ST.JOHNS, Design and development of marine current energy conversion system using hybrid vertical axis turbine, *Master of Engineering Faculty of Engineering and Applied Science Memorial University of Newfoundland*
- [3]. Phạm Quang Sơn; *Diễn biến các vùng cửa sông ở ven biển ở đồng bằng sông Hồng trong những năm vận hành công trình Thủy điện Hòa Bình*, TT viễn thám và Geomatic, Viện Địa chất, 84 Chùa Láng, Đống Đa, Hà Nội.