

Tính toán các thông số cơ bản của Tuabin cột nước thấp

- Phùng Văn Ngọc
- Nguyễn Vũ Việt
- Đỗ Anh Tuấn
- Phan Văn Khanh

Viện khoa học thủy lợi Miền trung và Tây nguyên

(Bài nhận ngày 21 tháng 05 năm 2014, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 22 tháng 09 năm 2014)

TÓM TẮT

Xuất phát từ nhu cầu sử dụng điện năng của Việt Nam nói chung và các vùng sâu, vùng xa, đặc biệt là các vùng ven biển và hải đảo nói riêng. Việc nghiên cứu, thiết kế, chế tạo cũng như lắp đặt và vận hành các tổ máy tuabin điện thủy triều công suất vừa và nhỏ phục vụ đời sống dân sinh kinh tế vùng ven biển và hải đảo là rất cần thiết và cấp bách.

Với những kết quả đã nghiên cứu chúng tôi trình bày phương pháp và kết quả tính toán thiết kế tuabin cột nước thấp ứng dụng khai thác điện thủy triều ở Việt Nam, đồng thời mô phỏng dòng chảy trong phần dẫn dòng của tuabin để đánh giá đặc tính làm việc của tuabin. Tuabin tính toán mô hình có thông số cột nước $H = 1,2$ m, công suất $N = 1$ KW.

Từ khóa: Tuabin; thủy triều; điện; dòng chảy; Việt Nam.

1. TỔNG QUAN

Nhu cầu sử dụng điện năng trên thế giới nói chung và ở Việt Nam nói riêng đang không ngừng gia tăng, bởi đời sống của người dân ngày càng được nâng cao và dân số liên tục phát triển, kéo theo nhu cầu sử dụng điện ngày một lớn; trong khi đó nguồn tài nguyên thiên nhiên, năng lượng hóa thạch đang ngày càng cạn kiệt. Việc bổ sung cho nguồn năng lượng hóa thạch ngày càng thiếu hụt và không làm mất cân bằng về môi trường sinh thái cũng như ảnh hưởng đến các thế hệ tương lai là thách thức lớn nhất mà nhân loại đang phải đối mặt. Vì vậy, việc quan tâm nghiên cứu để khai thác hiệu quả các dạng năng lượng mới, năng

lượng tái tạo như năng lượng mặt trời, năng lượng gió, thủy điện vừa và nhỏ, năng lượng sóng, năng lượng thủy triều, vv... là rất cần thiết. Với những ưu điểm không gây hại cho môi trường và giá thành có thể cạnh tranh được nhờ những cải tiến trong công nghệ và vật liệu chế tạo, điện thủy triều được xem là một nguồn năng lượng thay thế hữu ích, đang được nhiều nước chú trọng phát triển. Hiện nay việc nghiên cứu ứng dụng điện thủy triều để phát triển điện ở Việt Nam đang ở giai đoạn đầu. Các đề tài nghiên cứu mới đặt ra trong thời gian gần đây với quy mô thí nghiệm. [1] Hướng nghiên cứu chủ yếu tập trung vào các dạng trạm điện thủy triều có đập dâng và dùng lưu tốc dòng chảy.

2. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ TUABIN

2.1 Lựa chọn phương pháp tính toán thiết kế tuabin

Tính toán thiết kế tuabin điện thủy triều bao gồm: tính toán thiết kế phần dẫn dòng như buồng, bánh công tác, ống hút, cánh hướng, trong đó quan trọng nhất là bánh công tác. Tuabin ứng dụng trong các trạm điện thủy triều thường là tuabin hướng trục cột nước thấp. Vì vậy, các phương pháp tính toán thiết kế tuabin điện thủy triều cũng là các phương pháp thiết kế của tuabin hướng trục. Ba phương pháp tính toán thiết kế bánh công tác tuabin hướng trục thường được sử dụng là: phương pháp lực nâng, phương pháp phân bố xoáy và phương pháp phân bố xoáy – nguồn. Cả ba phương pháp này đều dựa trên giả thiết về dòng chảy trong bánh công tác hướng trục: dòng thể, chảy theo mặt trụ có trục trùng với trục quay của tuabin.

Trong báo cáo này chúng tôi trình bày nội dung tính toán thiết kế tuabin theo phương pháp phân bố xoáy. Đây là phương pháp được ứng dụng phổ biến nhất ở nước ta hiện nay.

2.2 Cơ sở lý thuyết của phương pháp phân bố xoáy

Nội dung cơ bản của phương pháp phân bố xoáy là thay thế tác động của profile lên dòng chất lỏng bởi các xoáy phân bố dọc theo đường nhân theo một quy luật xác định.

Dòng tổng hợp chảy bao profile trong chuyển động tương đối là tổng của dòng song phẳng không nhiễu và dòng cảm ứng tạo bởi các xoáy phân bố trên đường nhân profile.

Từ đó ta có thể xác định được vận tốc của dòng tổng hợp chảy bao cánh \vec{W} đó là tổng vận tốc của dòng song phẳng không nhiễu \vec{W}_∞ và vận tốc dòng cảm ứng \vec{V} tạo bởi các xoáy. [1].

$$\vec{W} = \vec{W}_\infty + \vec{V} \quad (1)$$

Hình chiếu vận tốc trên các trục là:

$$\begin{aligned} W_x &= W_{\infty x} + V_x \\ W_y &= W_{\infty y} + V_y \end{aligned} \quad (2)$$

Vận tốc dòng song phẳng không nhiễu \vec{W}_∞ ta có thể xác định được dễ dàng thông qua lưu lượng và các thông số hình học của bánh công tác.

Vận tốc dòng cảm ứng \vec{V} xác định phức tạp hơn. Vận tốc dòng cảm ứng V được coi là tổng của vận tốc cảm ứng V' tạo nên bởi các xoáy phân bố trên profile gốc và vận tốc cảm ứng V'' tạo nên bởi các xoáy phân bố trên tất cả các profile còn lại.

$$V = V' + V'' \quad (3)$$

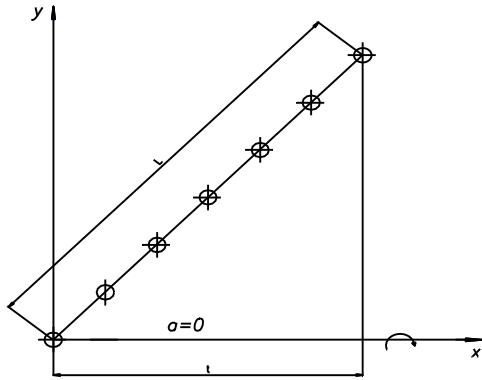
Ngoài ra ta cần lưu ý rằng, mỗi một xoáy γ phân bố trên đường nhân profile có thể coi là tổng của xoáy γ_α gây nên bởi góc va của dòng vào và xoáy γ_s gây nên bởi độ cong của profile. Bởi vậy vận tốc dòng cảm ứng sẽ được xác định bằng: [3].

$$V = V_\alpha + V_s \quad (4)$$

Chiếu lên các trục ta có:

$$\begin{aligned} V_x &= V'_{x\alpha} + V'_{xs} + V''_{x\alpha} + V''_{xs} \\ V_y &= V'_{y\alpha} + V'_{ys} + V''_{y\alpha} + V''_{ys} \end{aligned} \quad (5)$$

Để tính toán xây dựng lưới profile ta chia đường nhân profile (trong lần tính gần đúng thứ nhất, đường nhân được lấy là dây cung profile) ra làm 6 đoạn (Hình 1) và ứng dụng tích phân «*Nhepomniakia*» cho các điểm nút. Ta xác định được vận tốc dòng tổng hợp trong chảy bao tương đối W , từ đó xác định được góc nghiêng β của đoạn đường nhân và xây dựng được toàn bộ đường nhân. [2].



Hình 1. Sơ đồ phân bố các điểm tính toán trên dây cung profile

Với mỗi đoạn đường nhân ($l/6$) ta có:

$$\sin \beta = \frac{W_y}{W}; \quad \cos \beta = \frac{W_x}{W} \quad (6)$$

Tọa độ đường nhân: [4].

$$\Delta x = \frac{l}{6} \frac{\cos \beta_i + \cos \beta_{i+1}}{2} \quad (7)$$

$$\Delta y = \frac{l}{6} \frac{\sin \beta_i + \sin \beta_{i+1}}{2} \quad (8)$$

$$x = \sum_1^n \Delta x_i, \quad y = \sum_1^n \Delta y_i \quad (9)$$

2.3 Tính toán thiết kế tuabin mô hình

- Các thông số tính toán của tuabin:

- + Cột áp thiết kế : $H = 1,2 \text{ m}$
- + Công suất: $N = 1 \text{ KW}$
- + Mẫu mô hình tuabin tham khảo : $\text{ПЛГ} - 9a1$
- + Tỉ số bầu: $\frac{\bar{d}_b}{D_1} = 0,35$
- + Số cánh bánh công tác: $Z = 4$ cánh

- Xác định các thông số thủy lực:

Lưu lượng qua tua bin được xác định theo công thức:

$$Q = \frac{N}{9,81.H_u.\eta} = \frac{1}{9,81.1,2.0,5} = 0,15 \text{ m}^3/\text{s} \quad (10)$$

Trong đó: η - Hiệu suất chung của tổ máy (vì tổ máy công suất nhỏ nên sơ bộ lấy $\eta = 0,5$).

Đường kính bánh công tác D_1 xác định theo công thức:

$$D_1 = \sqrt{\frac{N}{9,81.Q_1'.H_u.\sqrt{H_u}.\eta}} \quad (11)$$

$$= \sqrt{\frac{1}{9,81.1,8.1,2.\sqrt{1,2}.0,5}} = 0,247(\text{m}).$$

Trong đó Q_1' lấy dựa theo mẫu. Chọn $D_1 = 0,25 \text{ m}$.

Xác định số vòng quay tua bin theo công thức:

$$n = \frac{n_1.\sqrt{H_u}}{D_1} = \frac{170.\sqrt{1,2}}{0,25} = 745(\text{v}/\text{ph}) \quad (12)$$

n_1 cũng được lấy theo mẫu.

- Tính toán thiết kế cánh bánh công tác:

Lưới profile cánh được thiết kế theo phương pháp phân bố xoáy trên cung mỏng của Lêxôkhin.

Các thông số ban đầu dùng để tính toán bánh công tác là cột áp, lưu lượng, số vòng quay, đường kính bánh công tác và đường kính bầu tương đối d_b/D_1 , số cánh của bánh công tác Z và tỷ lệ chiều dài cánh trên bước lưới l/t .

Bánh công tác được tính toán cho 5 tiết diện tạo bởi các mặt trụ đồng tâm từ đường kính bầu 0,35m đến đường kính tính toán là 1m.

Các thông số ban đầu và các kết quả tính toán mẫu cánh trên được cho trong phần kết quả tính toán gồm:

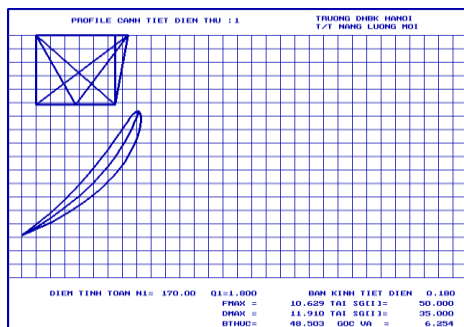
1. Bảng tính các thông số cơ bản của tua bin.
2. Bản vẽ các profile trong tọa độ tương đối cho 5 tiết diện tính toán trong mặt phẳng x, y . Trên bản vẽ chỉ rõ góc đặt của profile, góc ν , độ dày tương đối, độ võng tương đối f_{\max}/L của profile.
3. Biểu đồ phân bố vận tốc và áp suất trên các profile.

Các biểu đồ này được sử dụng để đánh giá sơ bộ chất lượng và khả năng làm việc của lưới cánh,

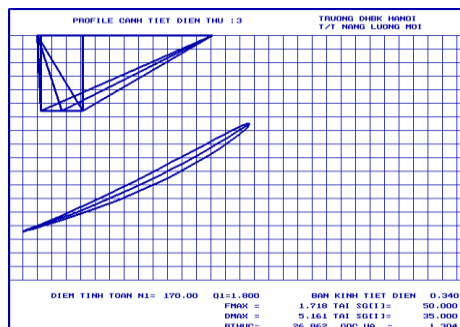
đồng thời có thể sử dụng để xác định tổn thất dòng chảy bao profile cánh.

- Kết quả tính toán thiết kế:

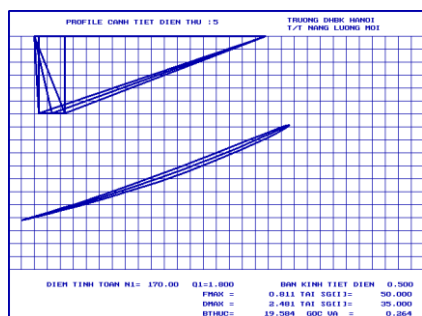
CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA LƯỚI CÁNH BÁNH CÔNG TÁC VỚI ($n_1' = 170$ v/ph, $Q_1' = 1,8$ m³/s, $D_1 = 1$ m, $Z = 4$ cánh)					
CÁC THÔNG SỐ TÍNH TOÁN	CÁC TIẾT DIỆN TÍNH TOÁN				
	1	2	3	4	5
Bán kính tính toán R	0.18	0.26	0.34	0.42	0.50
Góc vào của dòng β_1 (độ)	80.15	45.41	31.92	25.10	21.01
Góc ra của dòng β_2 (độ)	38.90	30.50	25.15	21.45	18.80
Mật độ dây cánh l/t	0.990	0.815	0.732	0.670	0.620
Trị số góc α (độ)	8.420	2.975	1.294	0.850	0.256
Trị số góc đặt cánh (độ)	46.339	33.723	26.872	22.290	19.59
Chiều dài đường nhân (m)	0.280	0.333	0.391	0.442	0.487



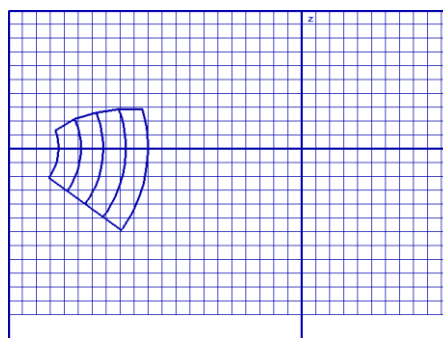
Hình 2. Profile cánh tiết diện thứ 1



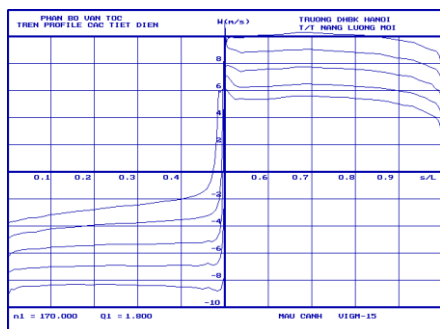
Hình 3. Profile cánh tiết diện thứ 3



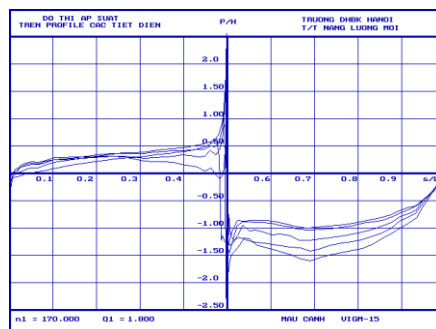
Hình 4. Profile cánh tiết diện thứ 5



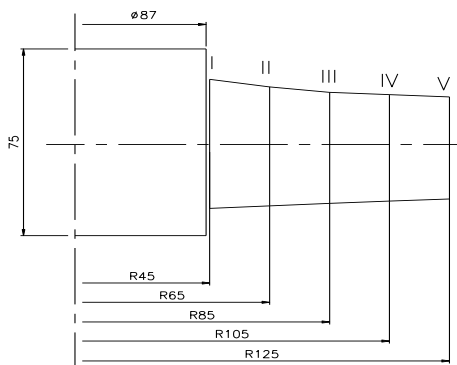
Hình 5. Hình chiếu bằng cánh BCT



Hình 6. Biểu đồ phân bố vận tốc trên profile các tiết diện



Hình 7. Đồ thị áp suất trên profile các tiết diện



Hình 8. Hình chiếu đứng cánh BCT

KẾT QUẢ TÍNH TOÁN TỔN THẤT TUA BIN CÁP XUN

TIẾT DIỆN	R	L/T	U_2	U_{u1}	U_{u2}
1	0.180	0.990	2.586	2.755	0.000
2	0.260	0.815	2.679	1.988	0.000
3	0.340	0.732	2.782	1.587	0.128
4	0.420	0.670	2.876	1.338	0.157
5	0.500	0.620	2.970	1.168	0.177

TIẾT DIỆN THU 1	C_{xn} =	0.0242	$Jeta$ =	0.0150
TIẾT DIỆN THU 2	C_{xn} =	0.0137	$Jeta$ =	0.0191
TIẾT DIỆN THU 3	C_{xn} =	0.0106	$Jeta$ =	0.0292
TIẾT DIỆN THU 4	C_{xn} =	0.0093	$Jeta$ =	0.0431
TIẾT DIỆN THU 5	C_{xn} =	0.0082	$Jeta$ =	0.0587

TRỊ SỐ TỔN THẤT BÀNH CÔNG TÁC 0.839241

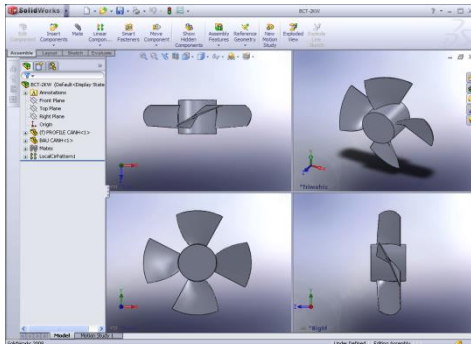
TÍNH TỔN THẤT MỤT

TRỊ SỐ LAMDA	=	0.667424
TRỊ SỐ C_y	=	0.365425
C_{xk}	=	0.001864
$Jetak$	=	0.013279

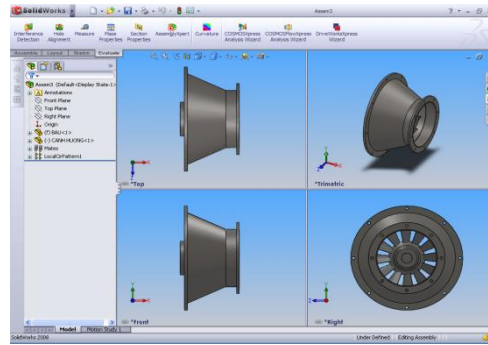
Hình 9. Bảng kết quả tính toán tổn thất lưới cánh BCT

Để đánh giá chất lượng và hiệu suất tua bin, chúng tôi đã tính toán lý thuyết phân bố vận tốc và áp suất trên các profile cánh và tổn thất trong chảy bao lưới cánh. Kết quả tính toán cho trên các hình 6, 7, 9 và trên hình 10 là hình dạng 3D của bánh công tác.

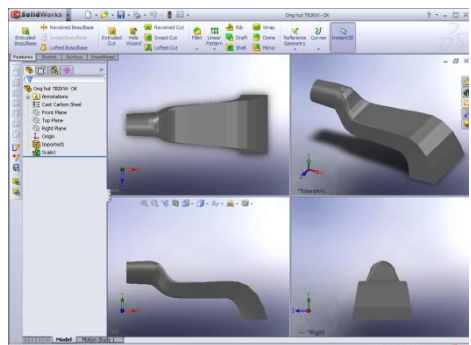
Mặt khác, để phù hợp với địa hình ứng dụng tua bin khai thác điện thủy triều, chúng tôi đã tính toán, thiết kế các bộ phận dẫn dòng vào và ra khỏi tua bin với hình dạng đặc trưng cho điều kiện trạm thủy điện cột nước thấp (xem các hình 11,12,13).



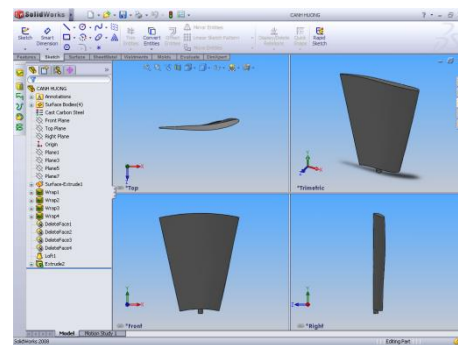
Hình 10. Bánh công tác



Hình 11. Bường tuabin



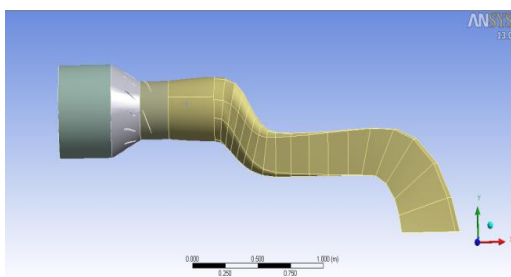
Hình 12. Ống hút



Hình 13. Cánh hướng

3. PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ TÍNH TOÁN THIẾT KẾ

Để đánh giá chất lượng của tuabin thiết kế mới chúng tôi đã tiến hành mô phỏng quá trình làm việc của tuabin bằng phần mềm Fluent.



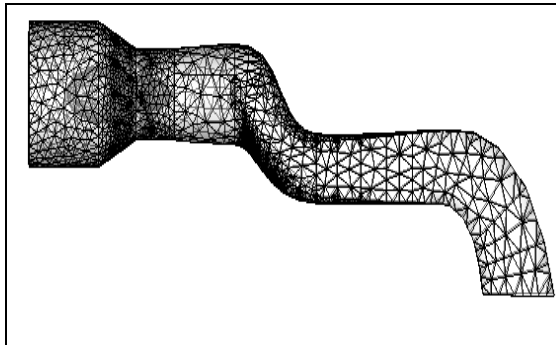
Hình 14. Mô hình mô phỏng

Mô hình được chia lưới tự do trong Ansys – geometry.

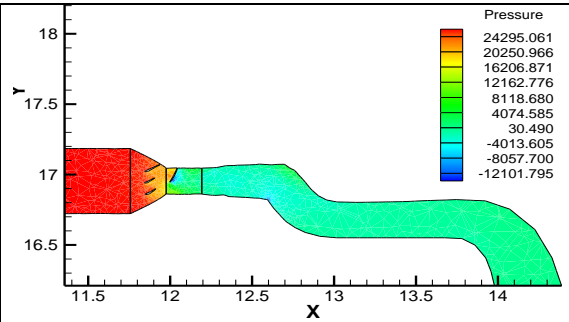
Điều kiện biên mô phỏng:

Tên miền	Điều kiện biên
Inlet	Velocity- inlet
Outlet	Pressure – outlet
Tường bao	Wall
Vùng phân tích	Fluid

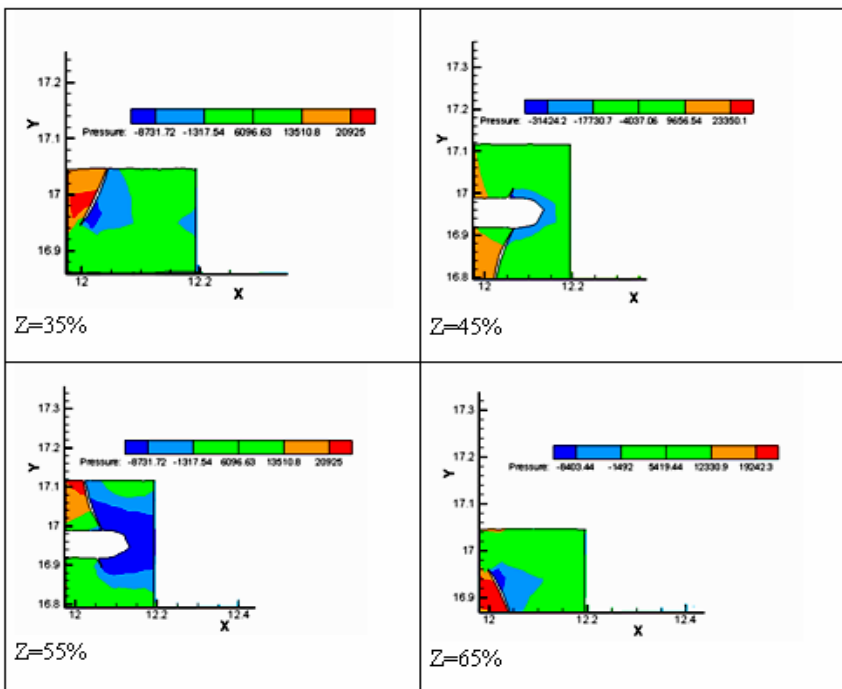
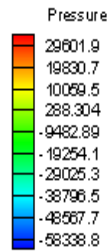
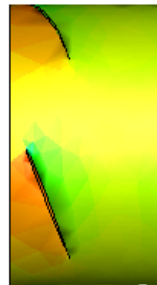
Kiểu chia lưới: không cấu trúc, lưới tự do
 Mô hình tính toán: k - ε standand.



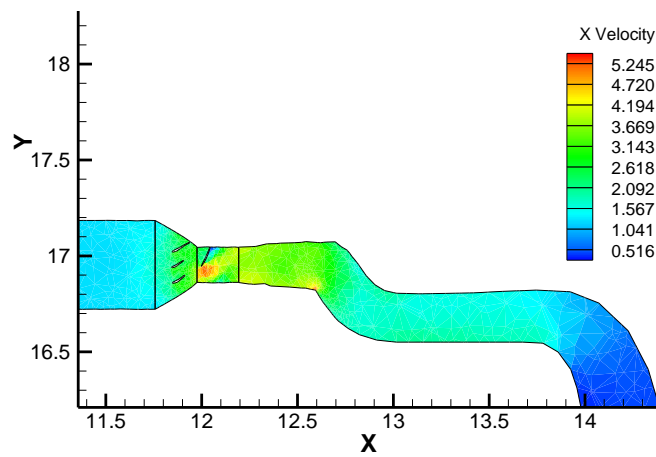
Hình 15. Mô hình chia lưới



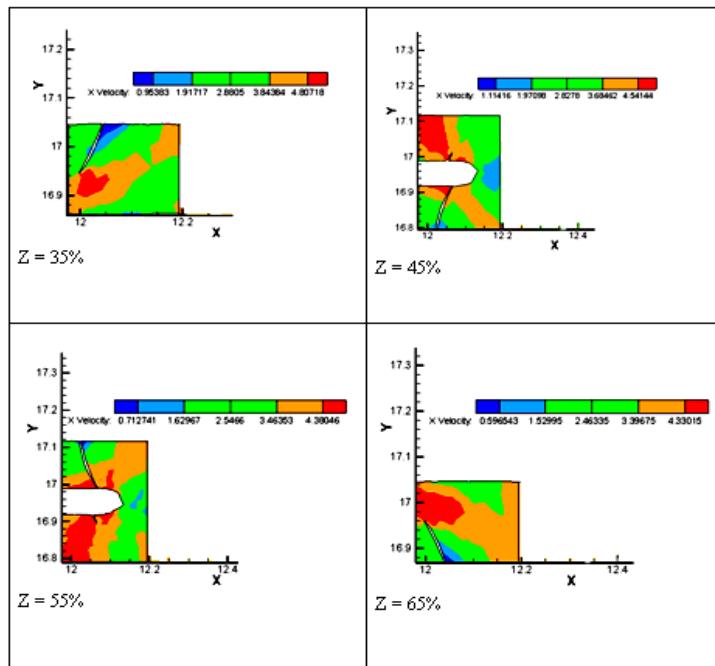
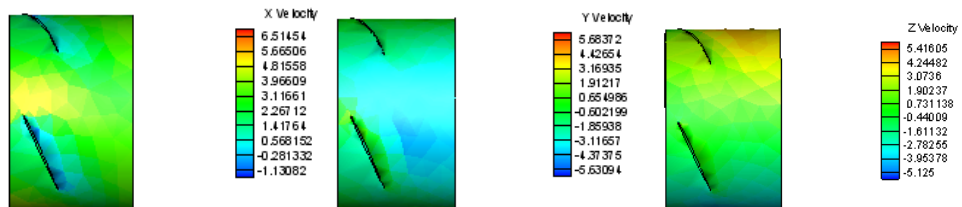
Hình 16. Phân bố áp suất trong tuabin



Hình 17. Phân bố áp suất trên bề mặt cánh BCT



Hình 18. Phân bố vận tốc trong tuabin



Hình 19. Phân bố vận tốc trên bề mặt cánh BCT theo các trục x,y,z

Từ kết quả mô phỏng dòng chảy ở trên ta thấy rằng vận tốc tại các tiết diện bánh công tác biến thiên đều, không có bước nhảy, không có xoáy cục bộ; áp suất (áp suất dư đạt được ở đây là nhỏ nhất là -58338,8 Pa, và lớn nhất là 29601.9 Pa) tại các tiết diện profile lá cánh lớn hơn áp suất hơi bão hòa điều này chứng tỏ rằng bánh công tác ở chế độ thiết kế làm việc ổn định, êm, không gây tổn thất lớn, không xảy ra hiện tượng xâm thực trong cánh bánh công tác và bánh công tác làm việc đạt hiệu suất cao

4. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG NGHIÊN CỨU

Trên đây chúng tôi đã trình bày phương pháp và ứng dụng các phần mềm để tính toán thiết kế và phân tích dòng chảy của tuabin cột nước thấp ứng dụng khai thác điện thủy triều ở Việt Nam.

Kết quả thu được cho thấy: Mẫu cánh thiết kế có chất lượng thủy lực tốt. Lá cánh suôn đều, hiệu suất lưới cánh tương đối cao, không có điểm nào áp suất nhỏ hơn áp suất hơi bão hòa. Phần dẫn dòng tua bin cũng đã được nghiên cứu tính toán thiết kế với hình dạng rất đặc trưng phù hợp với điều kiện cột nước thấp. Kết cấu tương tự như vậy cũng đã có ở một số trạm thủy điện nhỏ của Nga và Trung Quốc.

Tuy nhiên để đánh giá chính xác chất lượng và hiệu suất của máy cần có nghiên cứu thực nghiệm. Chúng tôi đã chế tạo tua bin mô hình, xây dựng giá thí nghiệm, lắp đặt tua bin và chuẩn bị tiến hành thí nghiệm. Các kết quả kiểm nghiệm thực tế sẽ được giới thiệu trong công trình công bố tiếp theo.

Analysis the basic parameters of the turbine imperller low water

- **Phung Van Ngoc**
- **Nguyen Vu Viet**
- **Do Anh Tuan**
- **Phan Van Khanh**

Central Viet Nam Institute of Water Resources

ABSTRACT

Starting from the demand for electric power in Viet Nam in general and for the regional and remote ares, especially for coastal regions and Islands in particular, the research, design, fabrication, installation and operation of tidal power turbines with small and medium capacities for people's daily economic life in coastal regions and islands are indispensable and urgent. This

paper presents design methods and calculation results of low head turbines applied in exploiting tidal power in Vietnam. In addition, simulation of the flow field in the diversion of the turbine is reported to evaluate the characteristic of the turbine work. The turbine model has the water column $H = 1,2m$, $N = 1KW$.

Keywords: Turbine, tidal, electricity, flow, Vietnam

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trường Đại Học Bách Khoa Hà Nội – Trung Tâm nghiên cứu Năng lượng mới. Báo cáo khoa học: Đề tài nghiên cứu cấp nhà nước về thủy điện nhỏ “Nghiên cứu thiết kế, công nghệ chế tạo và khảo nghiệm thiết bị toàn bộ tổ máy thủy điện nhỏ có công suất từ hàng trăm đến hàng nghìn kw” – Hà Nội 1994.
- [2]. Đặng Đình Thống – Lê Danh Liên. Cơ sở năng lượng mới và tái tạo – Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật – Hà Nội 2006.
- [3]. ВВ Барлит, Гидравлические Турбины , Киев Изд. “Вища Школа” 1977
- [4]. Л.Я. Бронштейн и другие, Справочник конструктора гидротурбин Изд. Машиностроение?, Ленинград 1971