

# PHƯƠNG PHÁP VÀ KẾT QUẢ TÍNH TOÁN THIẾT KẾ TUABIN CỘT NƯỚC THẤP ỨNG DỤNG KHAI THÁC ĐIỆN THỦY TRIỀU Ở VIỆT NAM

PGS. TS. Nguyễn Vũ Việt  
ThS. Đỗ Anh Tuấn,  
KS. Trần Tiến Dũng

*Viện khoa học Thủy lợi Việt Nam*

**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. Bài báo này 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.

**Summary:** Starting from the demand for power in Vietnam in general and the regional and remote areas, especially coastal regions and Islands in particular. The research, design, fabrication and installation and operation of tidal power turbine capacity to serve small and people's daily economic life of coastal regions and Islands is essential and urgent. This report presents methods and results of calculations designed low head turbine applications exploiting tidal power in Vietnam, and simulate the flow in the diversion of the turbine to evaluate the characteristics of the turbine work. Turbine model calculates the water column parameters  $H = 1,2$  m,  $N = 1$  KW capacity.

## I. TỔNG QUAN<sup>4</sup>

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 tăng. 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 thiếu hụt và không làm mất cân bằng về môi trường sinh thái cũng như ảnh hưởng đến các thể hệ tương lai là thách thức lớn nhất mà nhân loại đang phải đối mặt. Vì vậy, việc 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.v.v... là rất cần thiết.[2]

Với những ưu điểm không gây hại cho môi trường và giá thành có thể cạnh tranh được nhờ những cải tiến 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 ở Việt Nam đang trong giai đoạn đầu. Các nghiên cứu trong thời gian gần đây mới ở quy mô thí nghiệm. Hướng nghiên cứu chủ yếu tập trung vào các dạng trạm điện thủy triều có đập dâng và dùng lưu tốc dòng chảy.

Năm 2010, đề tài cấp bộ: “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo và lắp đặt tổ máy điện thủy triều có công suất đến 5KW phục vụ dân sinh kinh tế vùng ven biển và hải đảo” do Viện Thủy điện và Năng lượng tái tạo – Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam đang được triển khai thực hiện và đến nay đã có một số kết quả bước đầu.

*Người phân biện: TS. Vũ Chí Cường*

## II. 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 (BCT). 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 theo 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 thế, chảy theo mặt trụ có trục trùng với trục quay của tuabin.

Trong bài báo 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. Tính toán thiết kế tuabin mô hình

- Các thông số tính toán của tuabin:

+ Cột nước tính toán:  $H_{TK} = 1,2 \text{ m}$

+ Công suất tính toán:  $N_{TK} = 1 \text{ KW}$

+ Mẫu mô hình tuabin tham khảo :  $\Pi\Lambda\Gamma - 9a1$

+ Theo đường đặc tính tổng hợp của mô hình  $\Pi\Lambda\Gamma - 9a1$  có :

+ Lưu lượng quy dẫn:  $Q_1' = 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$

+ Số vòng quay quy dẫn:  $n_1' = 170 \text{ v/ph}$

+ Tỷ số bầu:  $\frac{d_b}{D_1} = 0,35$

+ 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:

$$Q = \frac{N_{TK}}{9,81 \cdot H_{TK} \cdot \eta_{TM}} = \frac{1}{9,81 \cdot 1,2 \cdot 0,5} = 0,15 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

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

$$D_1 = \sqrt{\frac{N_{TK}}{9,81 \cdot Q_1' \cdot \sqrt{H_{KT}} \cdot \eta_{TM}}} = \sqrt{\frac{1}{9,81 \cdot 1,8 \cdot 1,2 \cdot \sqrt{1,2} \cdot 0,5}} = 0,247 \text{ (m)}$$

Trong đó :

-  $Q_1'$  : Lưu lượng quy dẫn tại điểm thiết kế.

- Chọn  $D_1 = 0,25 \text{ m}$ .

Xác định số vòng quay tuabin theo công thức:

$$n = \frac{n_1' \cdot \sqrt{H_{TK}}}{D_1} = \frac{170 \cdot \sqrt{1,2}}{0,25} = 745 \text{ (v/ph)}$$

Trong đó:

-  $n_1'$  : Số vòng quy dẫn tại điểm thiết kế.

#### - 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 mật độ dây cánh  $l/t$ .

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.

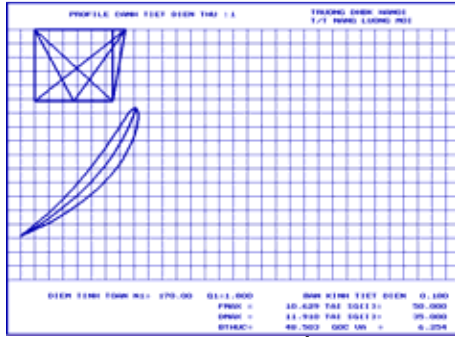
2. Bản vẽ các profile trong tọa độ tương đối cho 5 tiết diện tính toán trong mặt phẳng x, y. Trên bản vẽ chỉ rõ góc đặt của profile, góc va, mật độ dây cánh, độ võng tương đối  $f_{max}/L$  của profile.

3. Biểu đồ phân bố vận tốc và áp suất trên các profile.

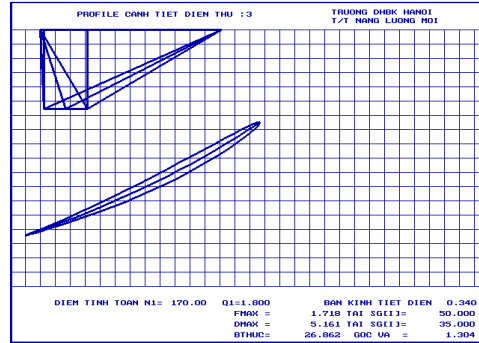
Các biểu đồ này được sử dụng để đánh giá sơ bộ chất lượng và khả năng làm việc của lưới cánh, đồng thời có thể sử dụng để xác định tổn thất dòng chảy bao profile cánh.

**- Kết quả tính toán thiết kế:**

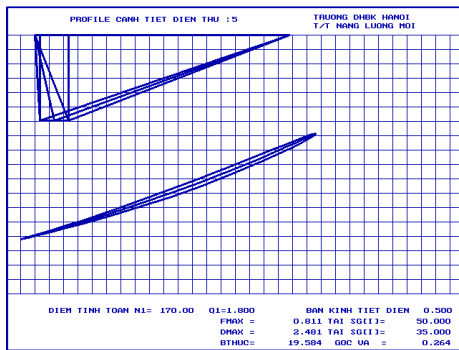
<b>CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA LƯỚI CÁNH BÁNH CÔNG TÁC VỚI</b>					
<b>(<math>n_1' = 170</math> v/ph, <math>Q_1' = 1,8</math> m<sup>3</sup>/s, <math>D_1 = 1</math> m, <math>Z = 4</math> cánh)</b>					
<b>CÁC THÔNG SỐ TÍNH TOÁN</b>	<b>CÁC TIẾT DIỆN TÍNH TOÁN</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<i>Bán kính tính toán <math>R_i = cr_i</math> (m)</i>	0.18	0.26	0.34	0.42	0.50
<i>Góc vào của dòng <math>\beta_1</math> (độ)</i> $\operatorname{tg}\beta_1 = \frac{c_{m1}}{u_1 - c_{u1}}$	80.15	45.41	31.92	25.10	21.01
<i>Góc ra của dòng <math>\beta_2</math> (độ)</i> $\operatorname{tg}\beta_2 = \frac{c_{m2}}{u_2 - c_{u2}}$	38.90	30.50	25.15	21.45	18.80
<i>Mật độ dây cánh <math>l/t</math> (<math>t = 2\pi r_i / Z</math>)</i>	0.990	0.815	0.732	0.670	0.620
<i>Trị số góc va <math>\alpha</math> (độ)</i> $\sin \alpha_i = \frac{A_0}{2kW_{mi}}$	8.420	2.975	1.294	0.850	0.256
<i>Trị số góc đặt cánh (độ)</i> $\beta_i = \beta_{mi} + \alpha_i$	46.339	33.723	26.872	22.290	19.59
<i>Chiều dài đường nhẵn (m)</i>	0.280	0.333	0.391	0.442	0.487



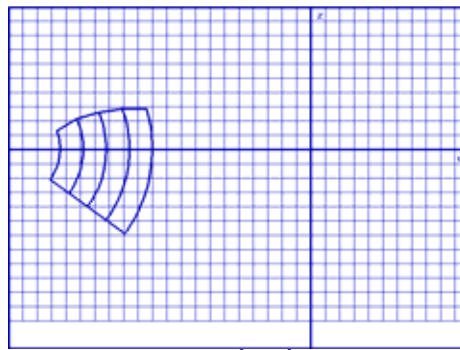
Hình 2: Profile cánh tiết diện thứ 1



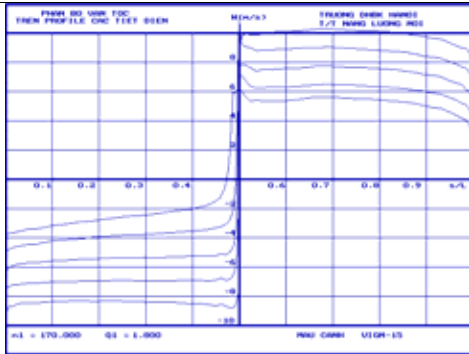
Hình 3: Profile cánh tiết diện thứ 3



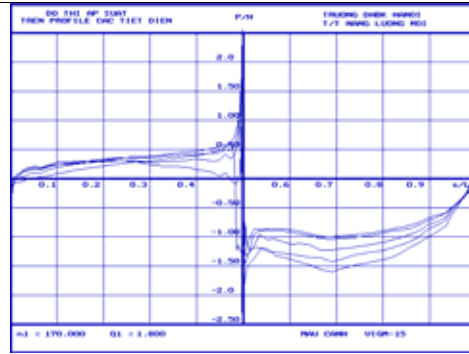
Hình 4: Profile cánh tiết diện thứ 5



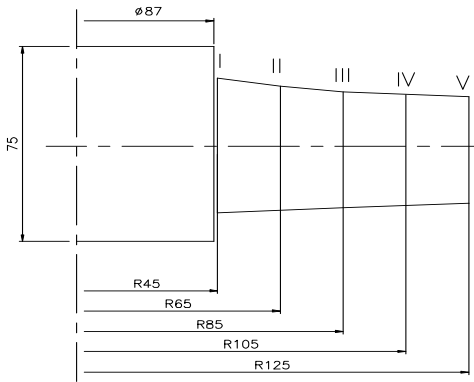
Hình 5: Hình chiếu bằng cánh BCT



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	Uz	Uu1	Uu2
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	Cxn =	0.0242	Jeta =	0.0150
TIẾT DIỆN THU 2	Cxn =	0.0137	Jeta =	0.0191
TIẾT DIỆN THU 3	Cxn =	0.0106	Jeta =	0.0232
TIẾT DIỆN THU 4	Cxn =	0.0093	Jeta =	0.0431
TIẾT DIỆN THU 5	Cxn =	0.0082	Jeta =	0.0587

TRỊ SỐ TỔN THẤT BÀNH CÔNG TÁC	0.039241
-------------------------------	----------

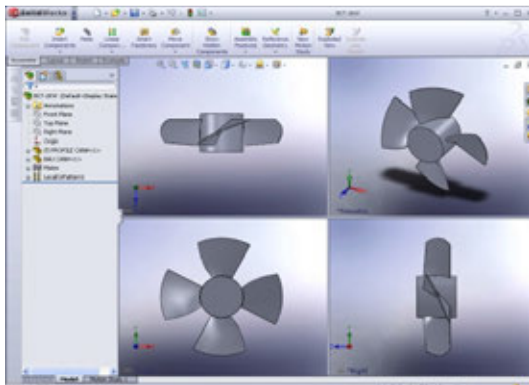
  

TÍNH TỔN THẤT MẶT	
TRỊ SỐ LAMDA	0.667424
TRỊ SỐ Cy	0.365425
Cxk =	0.001864
Jetak =	0.013279

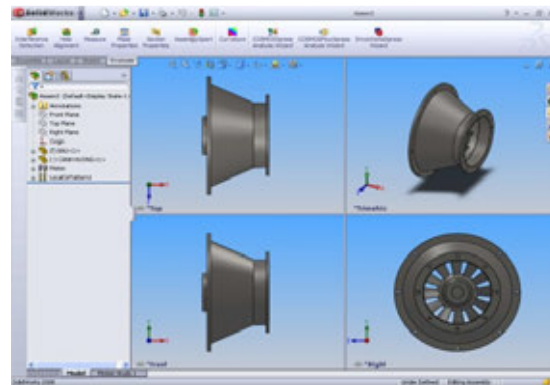
Hình 9: Bảng kết quả tính toán tổn thất lưới cánh BCT

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.

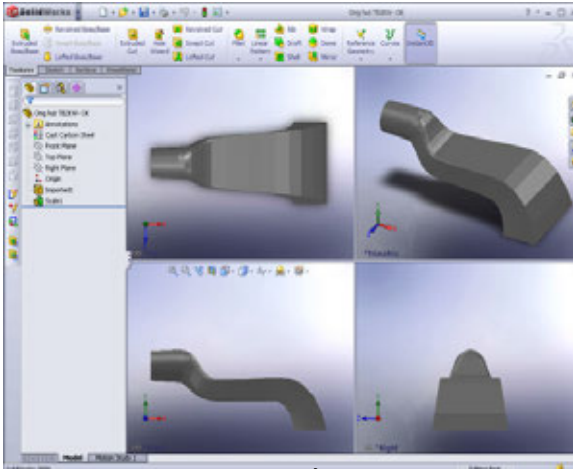
Mặt khác, để phù hợp với địa hình ứng dụng Tuabin khai thác điện thủy triều, chúng tôi đã tính toán, thiết kế các bộ phận dẫn dòng vào và ra khỏi tua bin với hình dạng đặc trưng cho điều kiện trạm thủy điện cột nước thấp (xem các hình 11,12,13).



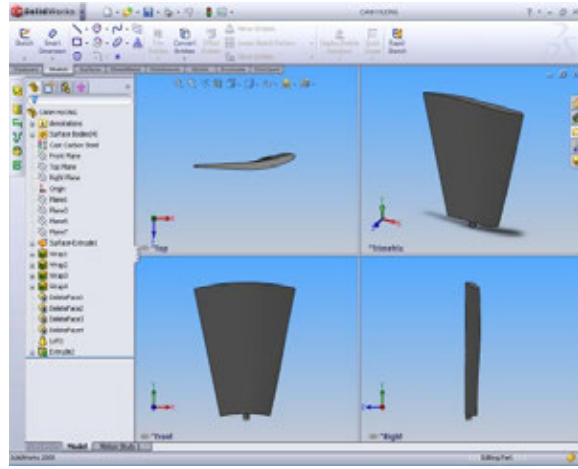
Hình 10: Bánh công tác



Hình 11: Buồng tuabin



Hình 12: Ống hút



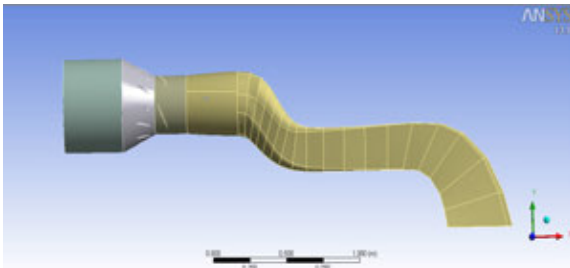
Hình 13: Cánh hướng

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

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

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

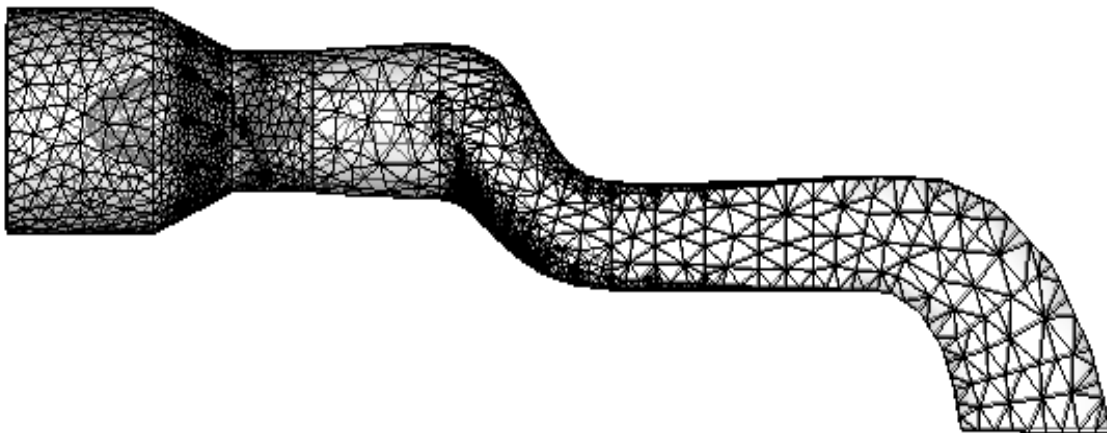
Điều kiện biên mô phỏng:



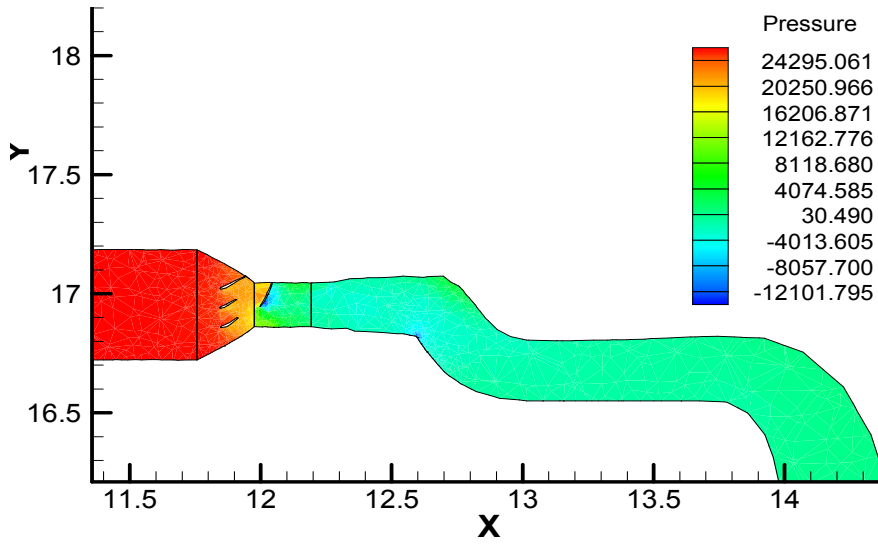
Hình 14: Mô hình mô phỏng

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

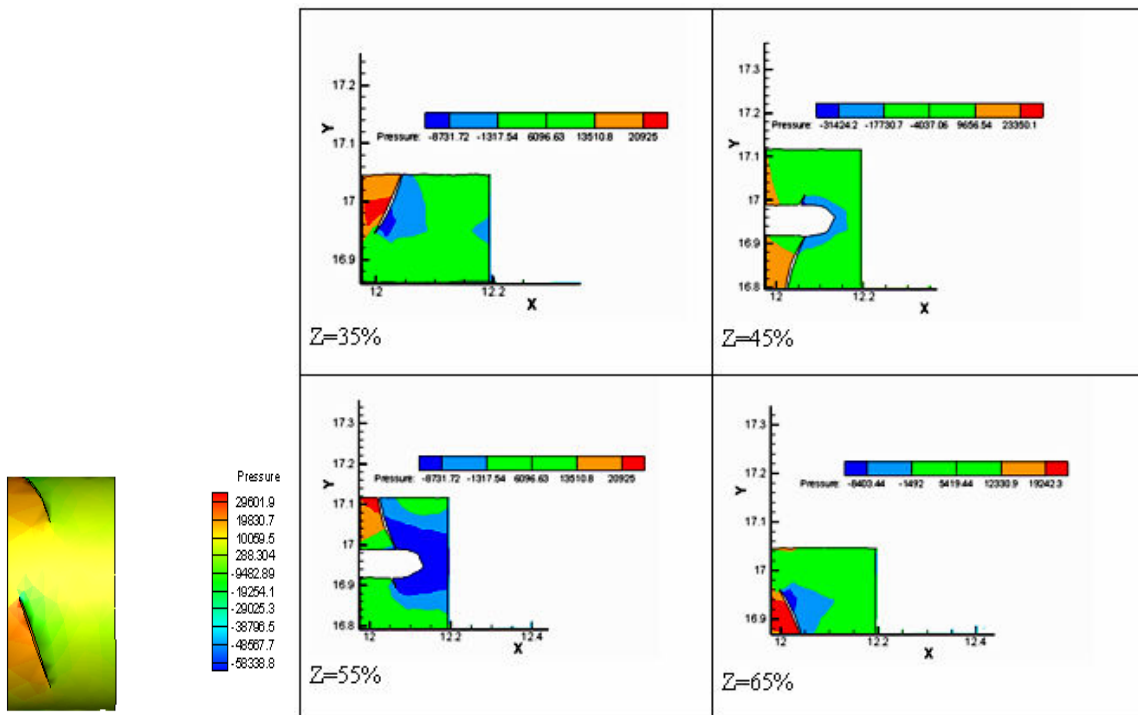
Kiểu chia lưới: không cấu trúc, lưới tự do  
 Mô hình tính toán: k - ε standand.



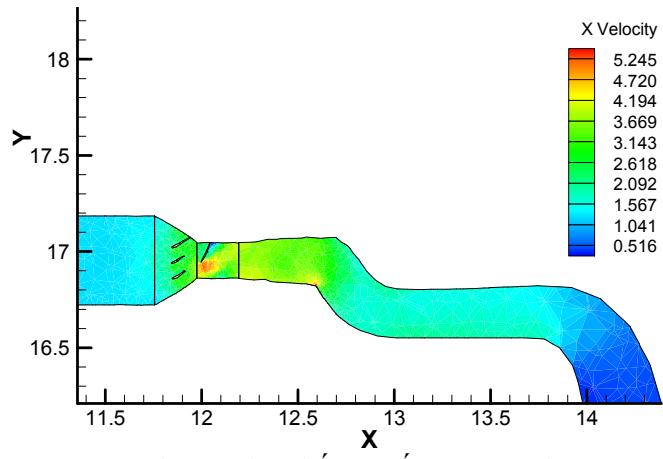
Hình 15: Mô hình chia lưới



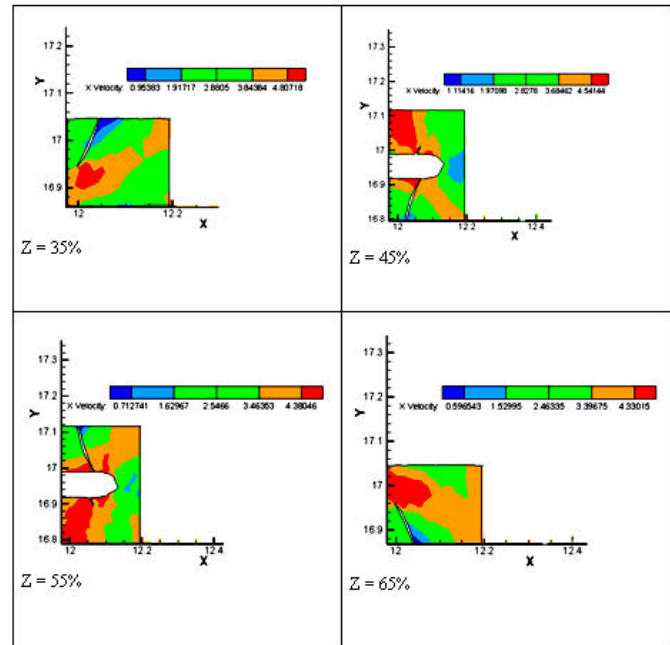
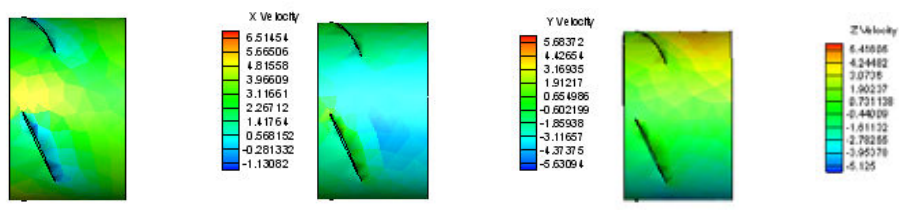
Hình 16: Phân bố áp suất và vận tốc trong tuabin



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 các bánh công tác và bánh công tác làm việc đạt hiệu suất cao.

#### IV. 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.

Phân dẫn dòng Tuabin cũng đã được nghiên

cứ 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 Tuabin và chuẩn bị tiến hành thí nghiệm. Các kết quả kiểm nghiệm thực tế sẽ được giới thiệu trong những công bố tiếp theo.

#### 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
- [5] Г.А.Свинарев, А.А.Меловцов, Горизонтальные Гидротурбины осевого типа. Издат. “Наукова Думка” КИЕВ 1969