

# BÁO CÁO HỌC THUẬT

Năm học: 2019 – 2020

## **Nội dung: Tổng quan về tuabin trục giao phù hợp với dòng hải lưu ở Việt Nam**

Tác giả: Bùi Minh Hoàng

Đơn vị: Bm Kỹ thuật cơ khí – Khoa cơ điện

### **1. Tổng quan đối tượng nghiên cứu:**

Tuabin trục giao (Tuabin Darrieus) được nhà sáng chế người Pháp nghiên cứu đầu tiên có bánh công tác dạng lưỡi cánh thẳng và profile cánh song song với trục tuabin. Hình dạng kết cấu của cánh là gồm các profile cánh đối xứng và được gắn chặt với trục quay.

Tuabin trục giao có kết cấu đơn giản, nguyên lý hoạt động dựa vào động năng của dòng chảy, công suất phụ thuộc vào diện tích hứng dòng chảy và vận tốc dòng chảy. Bánh công tác của tuabin trục giao được cấu tạo gồm các lá cánh có biên dạng profile giống nhau dọc theo chiều dài lá cánh, các lá cánh được thiết kế là thẳng hoặc là cong, được bố trí đối xứng với tâm quay nên chiều quay và đặc tính làm việc (hiệu suất) của nó không phụ thuộc vào chiều dòng chảy và cột nước làm việc như các loại tuabin truyền thống khác: tuabin Francis, tuabin Kaplan, tuabin Xung kích hai lần, tuabin Pelton...

Do bánh công tác có cấu tạo như trên nên tuabin trục giao rất phù hợp và thuận lợi trong việc khai thác dòng thủy triều, vì đặc điểm dòng chảy của thủy triều là thay đổi cả vận tốc và hướng khi triều lên và triều xuống với cột nước thủy triều liên tục thay đổi. Đây là một điểm ưu việt mà các loại tuabin truyền thống khác không có. Hơn nữa, do kết cấu của bánh công tác và nguyên lý hoạt động của tuabin trục giao như trình bày ở trên nên hầu như không cần xây đập ngăn nước (ở những nơi mà vận tốc dòng chảy tự nhiên  $> 4\text{m/s}$  thì không cần xây đập, chỉ cần tạo trụ đỡ cho tuabin cứng vững còn ở những nơi vận tốc dòng chảy  $< 4\text{m/s}$  thì ta nên xây đập quai để thu hẹp diện tích dòng chảy tự nhiên nhằm làm tăng vận tốc dòng chảy lên) nên rất phù hợp với nguồn thủy năng cột nước thấp và không làm thay đổi tính chất dòng chảy tự nhiên của nguồn thủy năng đó. Do vậy, tuabin trục giao cũng có thể ứng dụng trên các cửa sông lớn (với công suất lớn) hoặc trên kênh (với công suất nhỏ). Các bánh công tác tuabin trục giao có thể được gắn trên cùng một trục thẳng đứng thành nhiều tầng và năng lượng của tuabin nhờ sử dụng trên tất cả diện tích mặt cắt ngang của dòng chảy để tăng được công suất nhà máy, nhờ đó giảm được chi phí tổng thể của nhà máy điện thủy triều.



*Hình 1. Tuabin Trục Giao*

Các nhà khoa học Canada là những người đầu tiên tiến hành nghiên cứu và phát triển loại tuabin trục giao. Trong thực nghiệm tại phòng thí nghiệm, mô hình nghiên cứu được lựa chọn có đường kính 0.63m và vận hành kết hợp với một số buồng tuabin một chiều có ống vào hội tụ và phân kỳ tại các đường ống dẫn nước ra. Những kết quả này cho hiệu suất cao nhất là 37%. Cùng khoảng thời gian đó các nhà khoa học Nhật Bản đã nghiên cứu mô hình nhỏ của tuabin trục giao với đường kính chỉ có 0.2m trong đường ống hình chữ nhật. Khi cột nước vượt quá 1.5 m họ phát hiện thấy xâm thực ở đầu của các cánh tuabin trục giao. Như vậy, ban đầu khi nghiên cứu tuabin trục giao trong phòng thí nghiệm hiệu suất của tuabin chỉ đạt 37%. Hiệu suất như vậy làm cho tuabin trục giao khó có thể phát triển và ứng dụng được trong thực tế.

Tuy nhiên, theo hướng nghiên cứu lý thuyết, kết quả nghiên cứu tính toán trên mô hình toán toàn diện đã phát hiện ra rằng bằng cách sử dụng đặc tính vô hướng của tuabin trục giao và phân phối của vectơ vận tốc và áp suất, hiệu suất mới trên lý thuyết của tuabin trục giao có thể đến gần 90%. Nếu quả thực có thể chế tạo một hệ thống tuabin mới với hiệu suất cao tới 90% tạo ra một triển vọng hoàn toàn mới trong lĩnh vực năng lượng. Phương pháp lý thuyết đã tạo ra một động lực để các nhà khoa học tiếp tục những nghiên cứu thử nghiệm mới về tuabin trục giao.

Các nhà khoa học Nga đã nghiên cứu rất sâu về loại tuabin này và cho những kết quả rất khả quan. Nhà máy đầu tiên của Nga ứng dụng năng lượng thủy triều được xây dựng vào những năm 1964 – 1968 tại Kislogubskaya - Nga, năm 2004 các nhà khoa học thử nghiệm một tuabin trục giao đường kính thiết kế là 2.5m, hiệu suất chung thu được là 58% với cột nước thiết kế là 3m hoặc 4m. So với các kết quả nghiên cứu trước đây, hiệu suất tuabin tăng 58% là một sự nhảy vọt, một sự

“tăng hiệu suất đáng kinh ngạc”. Sự tăng này là một bước quan trọng trong mục tiêu “phát triển tuabin điện thủy triều và tuabin điện sóng và tham vọng sẽ cho kết quả tốt hơn khi chế tạo tuabin đường kính lên đến 5m”. Trong một nghiên cứu thực hiện vào mùa hè năm 2008 bằng cách sử dụng các kết quả thực nghiệm, và các kiến thức thu được từ nghiên cứu tuabin đường kính 2,5m và tối ưu một số thiết kế ở cánh dẫn, hiệu suất tối đa mà tuabin đạt được là 71%. Trong những thiết kế mới, người ta quan tâm nhiều hơn đến cột nước, đường kính tuabin, thiết kế đường ống áp lực và các yếu tố khác để nâng cao hiệu suất tuabin. Từ những kết quả nghiên cứu tích cực của tuabin trực giao, nó tạo ra một sức hút cho các nhà máy thiết kế chế tạo tuabin điện thủy triều ngày nay.

Nhà máy điện thủy triều Kislogubskaya của Nga là một trong những nhà máy đầu tiên trên thế giới vận hành thành công với tuabin trực giao, được xây dựng lắp đặt trong đất liền và sau đó kéo bằng đường biển đến vị trí vận hành. Thành tựu về thiết kế, xây dựng, phương pháp xây dựng, cùng với mô hình khai thác của nhà máy Kislogubskaya được coi là một tượng đài kỹ thuật của nước Nga trong lĩnh vực năng lượng mới.



*Hình 2. Nhà máy điện thủy triều Kislogubskaya - Nga*

Trong nghiên cứu gần đây nhất được công bố, tháng 01 năm 2012, Mỹ đã cấp bằng sáng chế cho hai nhà khoa học Nga: Yully Borisovitch Shpolianskiy và Boris Lvovitch Istorlk cho sáng chế tuabin trực giao cột nước thấp. Sáng chế này đề cập tới việc nghiên cứu thiết kế kết cấu dẫn dòng vào và ra để nâng cao hiệu suất cho tuabin trực giao

Ngoài Nga, là một nước có nhiều nghiên cứu và đã lắp đặt khá nhiều tuabin trực giao, nhiều nước khác trên thế giới cũng đã và đang thiết kế lắp đặt ứng dụng tuabin trực giao ví dụ như Chile, vùng Amazon – Brazil, Pháp,...

Tại Pháp, nhà máy điện thủy triều Chausey nằm ở Tây Bắc nước Pháp, lưu vực sông 1200km<sup>2</sup>, chiều dài đường bao 55 km, phạm vi thủy triều trung bình 7.5m, đã hoạt động kết hợp

tuabin trực giao có công suất 12GW và tuabin bóng đèn có công suất 4GW cung cấp 55Twh/năm (chiếm 10% tổng năng lượng điện của Pháp).

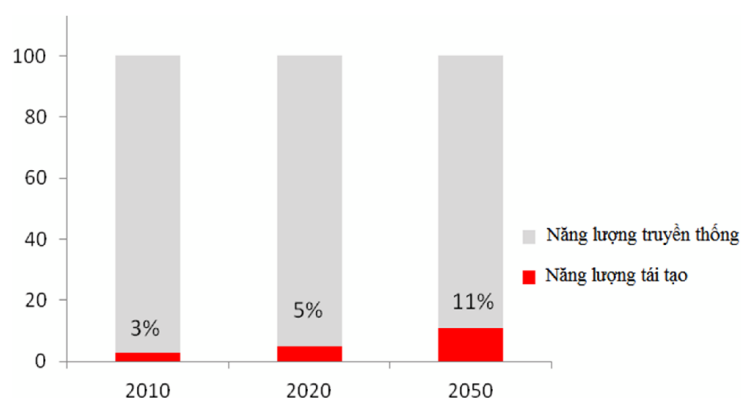
Ở Châu Á cũng đã có một số nước tiến hành nghiên cứu và lắp đặt tuabin trực giao như Ấn Độ, Hàn Quốc... Tại Ấn Độ, nhà máy Kalpasar: 100km Miền Nam Ahmedabad, diện tích lưu vực 1000km<sup>2</sup>, chiều dài đường bao 25km, khoảng cách thủy triều trung bình 6.5m, công suất tuabin trực giao 6GW có thể cung cấp 25 TWh/ năm.

Năm 2002 tại Hàn Quốc đã lắp đặt tuabin trực giao đường kính 1m.

Ngày nay trên thế giới, việc sử dụng tuabin trực giao đơn giản và xây dựng nhà máy điện nổi không cần đập giúp giảm được chi phí xây dựng rất lớn, do đó sẽ thúc đẩy việc sử dụng điện thủy triều trong tương lai. Vì vậy, Việt Nam hoàn toàn có thể tự tin ứng dụng công nghệ dạng tuabin trực giao này để khai thác tiềm năng năng lượng thủy triều.

## 2. Tình hình nghiên cứu trong nước

Theo báo cáo của Ủy ban quốc tế về biến đổi khí hậu (IPCC) thuộc Liên hợp quốc, trong dự báo lạc quan nhất, năng lượng tái tạo có thể sẽ cung cấp 80% tiêu thụ năng lượng trên thế giới vào năm 2050. Và Việt Nam cũng đã có các chính sách cho lĩnh vực năng lượng này như theo “Chiến lược phát triển năng lượng quốc gia của Việt Nam đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2050” (Quyết định số 1855/QĐ-TTg) do Thủ tướng Nguyễn Tấn Dũng phê duyệt ngày 27 tháng 12 năm 2007 với một trong các mục tiêu là phân đầu tăng tỷ lệ các nguồn năng lượng mới và năng lượng tái tạo lên khoảng 3% tổng năng lượng thương mại sơ cấp vào năm 2010; khoảng 5% vào năm 2020 và khoảng 11% vào năm 2050. Vì vậy, xu thế trên thế giới và của Việt Nam ứng dụng nguồn năng lượng tái tạo thay thế cho năng lượng truyền thống là tất yếu.



Hình 10 : Biểu đồ mục tiêu phân đầu tăng tỷ lệ nguồn năng lượng mới, năng lượng tái tạo của Việt Nam từ năm 2010 đến 2050

Về tiềm năng năng lượng điện thủy triều với đặc điểm địa lý, Việt Nam có đường bờ biển dài khoảng 3260 km có nhiều tiềm năng khai thác nguồn năng lượng sóng, thủy triều, ... Theo Báo cáo tổng quan tiềm năng điện thủy triều, chúng tôi thấy Việt Nam có tiềm năng về năng lượng thủy triều và chủ yếu tập trung tại các vùng sau:

Vùng 1 từ cửa mũi Ngọc đến Chùa huyện Tiên Yên và vùng 2 (địa phận huyện Tiên Yên, Vân Đồn, Cẩm Phả) thuộc địa phận tỉnh Quảng Ninh: Độ lớn triều trung bình  $A_{TB} = 2,70\text{m}$ . Cao nhất  $A_{\max} = 5\text{m}$ . Thấp nhất  $A_{\min} = 0,4\text{m}$ . Đây là vùng có nhật triều đều, có khả năng về năng lượng thủy triều lớn nhất Việt Nam, với trữ lượng khoảng 1,3 tỷ KWh/năm.

Khảo sát vùng 11 thuộc Vịnh Quy Nhơn – Bình Định: Chế độ thủy triều nơi đây khá phức tạp vừa nhật triều lại vừa bán nhật triều, 80% là Nhật triều không đều. Độ lớn triều không lớn  $A_{TB} = 1,1\text{m}$ ,  $A_{\max} = 1,9\text{m}$ . Vịnh Quy Nhơn không có khả năng xây dựng nhà máy điện thủy triều mang lại hiệu quả kinh tế.

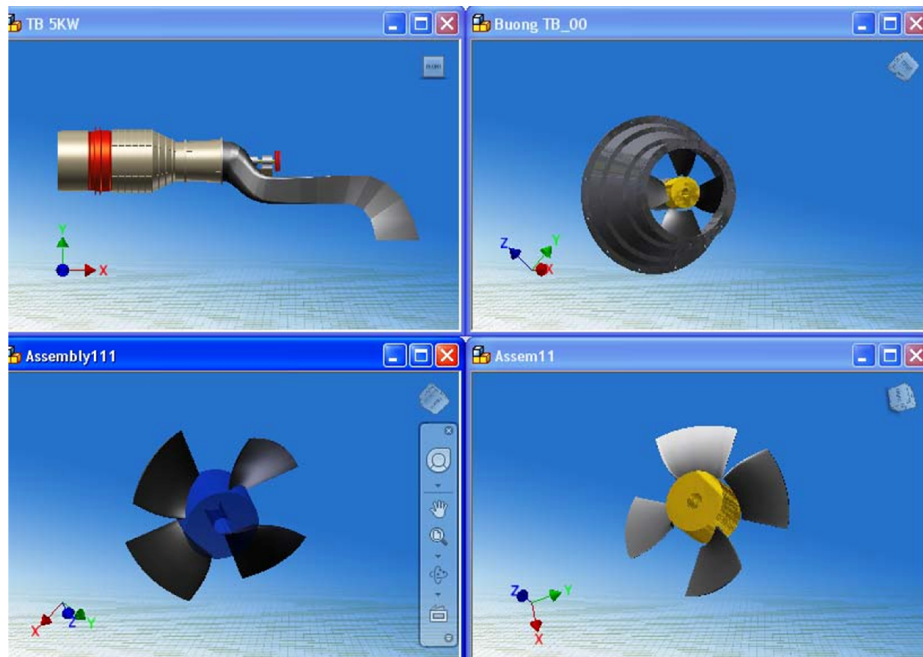
Vùng 18 thuộc về hạ lưu hệ thống sông ngòi Cửa Long (vùng từ bờ biển vào sâu đất liền 30km), thuộc các tỉnh: Bến Tre, Mỹ Tho, Trà Vinh, Sóc Trăng, Bạc Liêu và Cà Mau. Độ lớn triều trung bình  $A_{TB} = 1,7\text{m}$  tính cho cả hai chu kỳ/ngày, trữ lượng tiềm năng thủy triều khoảng 0,3 tỷ KWh/năm.

Về vấn đề nghiên cứu tuabin thủy lực nói chung, ở Việt Nam đã có nhiều nghiên cứu thiết kế, chế tạo lắp đặt, vận hành các thiết bị thủy điện nhỏ ở Việt Nam được tiến hành từ năm 1970 ở nhiều cơ quan như: Công ty thiết bị điện Đông Anh, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Trường Đại học Thủy lợi và Trung tâm Thủy điện - nay là Viện Thủy điện và Năng lượng tái tạo. Các đơn vị trong nước đã tiến hành nghiên cứu chế tạo một số tuabin như: tuabin tia nghiêng, xung kích hai lần, tuabin gáo, tuabin Francis và tuabin hướng trục. Những tuabin này đã được thiết kế chế tạo với quy mô công suất nhỏ và cực nhỏ (dưới 1000kW).

Năm 2012, Viện Thủy điện và Năng lượng tái tạo thực hiện đề tài “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”. Tuabin điện thủy triều loại tuabin Turbular - hình chữ S thường được dùng cho thủy điện.

Kiểu tuabin chữ S này ứng dụng năng lượng thủy triều, có đặc điểm sử dụng một phần triều lên do đó phải xây đập như các công trình thủy điện khác, hiệu suất thay đổi khi có chênh lệch cột

nước; khi thủy triều xuống hiệu suất giảm. Loại tuabin kiểu chữ S có xây dựng đập thích hợp với vùng triều có sẵn vịnh bờ bao quanh và phạm vi công suất nhỏ.



Hình 3: Tuabin Turbular hình chữ S

Từ các kết quả nghiên cứu, ứng dụng tuabin trực giao của các nước trên thế giới thì loại tuabin trực giao có nguyên lý và phạm vi làm việc ứng dụng khác so với các tuabin truyền thống trên. Tuabin này thiết kế đơn giản, dễ chế tạo, hướng quay và hiệu suất làm việc không phụ thuộc vào hướng dòng chảy và cột nước, làm việc hai chiều, hiệu suất tuabin trên 70%, kích thước nhà máy điện thủy triều chỉ khoảng một nửa kích thước của một nhà máy thủy điện thông thường. Hơn nữa, profile cánh đối xứng, bánh công tác có thể sử dụng nhiều tầng kết nối trên một trục nên suất đầu tư trên một KW thấp, không gây ngập lụt và các sự cố liên quan đến đập. Qua các tìm hiểu trên càng khẳng định được rằng tuabin này chưa được nghiên cứu, thiết kế, chế tạo sản xuất ở Việt Nam.

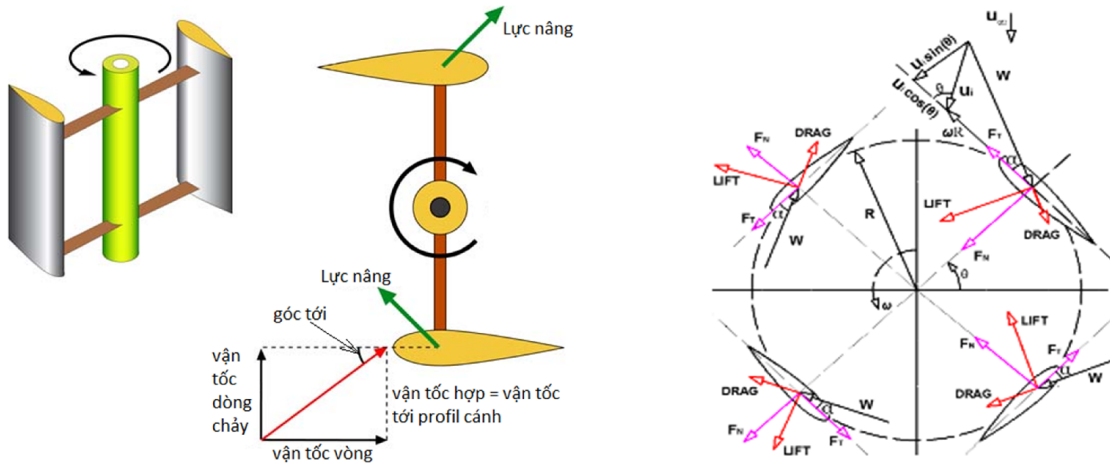
### 3. Lý thuyết dòng chảy tuabin trực giao

Tuabin trực giao làm việc theo nguyên lý lực nâng. Mọi quan hệ vận tốc được thể hiện theo phương trình sau:

$$\vec{W} = \vec{U} + \vec{V}$$

$$\vec{u} = \vec{\omega} \cdot R$$

Trong đó:  $\vec{u}$ : vận tốc vòng;  $\vec{v}$ : vận tốc dòng chảy;  $\vec{w}$ : vận tốc tương đối;  $\vec{\omega}$ : vận tốc góc;  $R$ : bán kính quay;

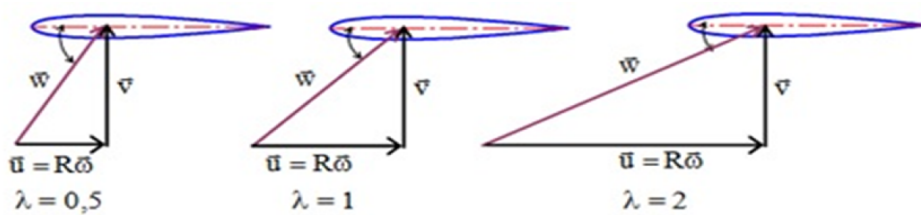


Hình 4: Quan hệ vận tốc trong tuabin trực giao

Gọi  $\lambda$  là hệ số vận tốc. Ta có:

$$\lambda = \frac{\omega \cdot R}{v}$$

Hệ số vận tốc có ý nghĩa rất quan trọng trong máy cánh dẫn nói chung và tuabin trực giao nói riêng. Do nó xác định các giá trị tối ưu của góc tới đối với các profil cánh.



Hình 5: Thay đổi của vận tốc tương đối ( $\vec{w}$ ) ứng với các giá trị khác nhau của hệ số vận tốc ( $\lambda$ )

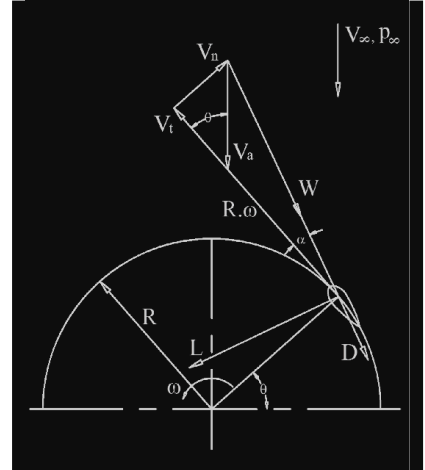
### 3.1. Các thành phần vận tốc dòng chảy qua bánh công tác

Bao gồm: vận tốc pháp tuyến ( $\vec{v}_n$ ) và vận tốc tiếp tuyến ( $\vec{v}_t$ ). Với:

$$v_t = R \cdot \omega + V_a \cdot \cos\theta$$

$$v_n = V_a \cdot \sin\theta$$

$$tg\alpha = \frac{v_n}{v_t} = \left[ \frac{\sin\theta}{(R \cdot \omega + V_a \cdot \cos\theta)} \right] = \left[ \frac{(1 - \alpha) \cdot \sin\theta}{\lambda + (1 - \alpha) \cdot \cos\theta} \right]$$



Vận tốc tương đối ( $\vec{w}$ ) của dòng chảy:

$$W = \sqrt{V_t^2 + V_n^2}$$

$$\frac{W}{V_a} = \sqrt{\left(\frac{R \cdot \omega}{V_a}\right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{R \cdot \omega}{V_a}\right) \cdot \cos\theta + 1}$$

$$\frac{W}{V_\infty} = \sqrt{\lambda^2 + 2 \cdot \lambda \cdot \cos\theta \cdot (1 - \alpha) + (1 - \alpha)^2}$$

$$W = V_\infty \cdot \sqrt{\lambda^2 + 2 \cdot \lambda \cdot \cos\theta \cdot (1 - \alpha) + (1 - \alpha)^2}$$

### 3.2. Lực phân tổ cánh và hệ số lực cản

Chiếu thành phần lực nâng và lực cản lên các phương pháp tuyến và tiếp tuyến với biên dạng cánh bánh công tác, ta có:

$$C_t = C_L \cdot \sin\alpha - C_D \cdot \cos\alpha$$

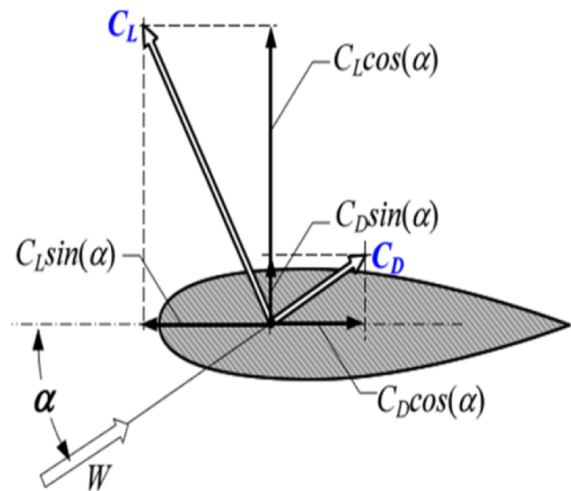
$$C_n = C_L \cdot \cos\alpha + C_D \cdot \sin\alpha$$

Thành phần lực theo phương tiếp tuyến và pháp tuyến:

$$F_t = C_t \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C \cdot H \cdot W^2$$

$$F_n = C_n \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C \cdot H \cdot W^2$$

$$q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot W^2$$



### 3.3. Momen và hệ số công suất



Momen trên bánh công tác chỉ bởi thành phần lực tiếp tuyến:

$$T_B = \frac{Z \cdot L_c \cdot H \cdot R}{2\pi} \cdot \int_{\theta=0}^{2\pi} q \cdot C_t d\theta$$

$$T_B = \frac{1}{2} \rho \cdot V_\infty^2 \cdot Z \cdot L_c \cdot H \cdot R \cdot (C_L \cdot \sin\alpha - C_D \cdot \cos\alpha) \cdot [(\lambda + (1 - \alpha) \cdot \cos\theta)^2 + (\sin\theta \cdot (1 - \alpha))^2]$$

Hệ số momen được xác định:

$$C_m = \frac{T_B}{\frac{1}{2} \rho \cdot V_\infty^2 \cdot A \cdot R} = \frac{Z \cdot L_c}{2\pi \rho \cdot V_\infty^2 \cdot R} \cdot \int_{\theta=0}^{2\pi} q \cdot C_t d\theta$$

Công suất trên trục tuabin:

$$P = \omega \cdot T_B$$

Hệ số công suất tuabin:

$$C_p = \frac{P}{P_{max}} = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho \cdot V_\infty^2 \cdot A} = \frac{Z \cdot L_c \cdot \omega}{2\pi \rho \cdot V_\infty^2} \cdot \int_{\theta=0}^{2\pi} q \cdot C_t d\theta$$

Quan hệ giữa hệ số công suất và hệ số momen:

$$C_p = \lambda \cdot C_T$$

#### 4. Đề xuất và ứng dụng

- Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số hình học và động học đến đặc tính năng lượng của tuabin trục giao (Tuabin Darrieus).
- Kết quả của đề tài sẽ được áp dụng cho việc nghiên cứu, tính toán, thiết kế tuabin trục giao (Tuabin Darrieus) cho các trạm phát điện thủy triều có công suất nhỏ tại Việt Nam.

#### 5. Tài liệu tham khảo

1. Báo cáo tổng quan tiềm năng điện thủy triều – Viện Năng lượng;
2. Nghiên cứu lựa chọn công nghệ và thiết bị để khai thác và sử dụng các loại năng lượng tái tạo trong chế biến nông, lâm, thủy sản, sinh hoạt nông thôn và bảo vệ môi trường - Trung tâm Thủy điện nay là Viện Thủy điện và Năng lượng tái tạo – Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam;
3. 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 – PGS.TS Nguyễn Vũ Việt, Viện Thủy điện và năng lượng tái tạo;