



NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH TRẠM THỦY ĐIỆN CỘT NƯỚC THẤP SỬ DỤNG TUA BIN DÒNG THẲNG

Nguyễn Thượng Bằng¹, Trần Công Triệu², Phạm Đức Cường²

Tóm tắt: Bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu mô hình trạm thủy điện cột nước thấp và rất thấp sử dụng tua bin dòng thẳng (tua bin Capsule), những ưu nhược điểm và những đặc điểm chính của mô hình này đồng thời trình bày xu thế và điều kiện áp dụng ở Việt Nam trong chiến lược phát triển thủy điện đến năm 2030.

Từ khóa: Trạm thủy điện cột nước thấp; Tua bin Capsule.

Summary: This article presents the result of investigation on the Low head power plants with Capsule turbines, the advantages, disadvantages and main characteristics of this model. The article also presents the applied trend and conditions in Viet Nam concerning to the strategy of the hydro-electricity development up to year 2030.

Key words: Low head power plant; Capsule turbine.

Nhận ngày 30/8/2014, chỉnh sửa ngày 20/9/2014, chấp nhận đăng 31/12/2014



1. Xu thế xây dựng trạm thủy điện cột nước thấp lắp tua bin Capsule ở nước ta

Theo Bộ Xây dựng, hiện nay ở Việt Nam có khoảng 260 công trình thủy điện đang được khai thác và 211 công trình đang thi công xây dựng. Những nhà máy thủy điện cột nước thấp góp phần khai thác triệt để nguồn thủy năng ở Việt Nam và giảm bớt nguy cơ thiếu điện cho toàn bộ hệ thống ở mùa khô. Hiện nay, các công trình thủy điện cột nước cao và trung bình đã khai thác hết. Việc phát triển thủy điện cột nước thấp được đánh giá là giải pháp cho vấn đề khai thác hiệu quả và bền vững nguồn năng lượng tái tạo này.

Ưu điểm nổi bật của trạm thủy điện (TTĐ) cột nước thấp là thân thiện với môi trường, tận dụng tối đa nguồn thủy năng trên các con sông lớn để phát điện, kết cấu công trình đơn giản, mặt bằng thi công rộng, thời gian thi công nhanh, ngập lụt lòng hồ nhỏ hầu như không phải di dân mà chỉ bồi thường đất ven sông suối. Vì là thủy điện cột nước thấp điều tiết ngày nên không ảnh hưởng lớn đến chế độ chảy tự nhiên của sông. Mức nước hồ thay đổi nhỏ trong ngày tạo ra cảnh quan đẹp và khu vực nuôi trồng thủy sản tốt. Tuy nhiên, thủy điện cột nước thấp cũng gặp một số khó khăn như công tác dẫn dòng, khối lượng công trình lớn đặc biệt là khối lượng phần tua bin, đập tràn đồ sộ để đáp ứng yêu cầu thoát lũ với lưu lượng lớn đẩy tổng mức đầu tư lên cao hơn so với các công trình thủy điện cột nước cao cùng công suất. Tuy nhiên, đây vẫn là nguồn cung cấp điện năng rẻ hơn nhiều so với than và khí.

Mình họa gần đây nhất là công trình thủy điện Chiêm Hóa được khởi công ngày 12/10/2009 và khánh thành ngày 04/02/2013. Thủy điện Chiêm Hóa là nhà máy thủy điện (NMTĐ) đầu tiên của Việt Nam sử dụng công nghệ tua bin chảy thẳng kiểu bóng đèn (hay kiểu dòng thẳng) có thể phát điện với cột nước rất thấp (mức thấp nhất là 2,5 m và cột nước tính toán là 7m). Công trình thủy điện cột nước thấp đầu tiên ở Việt Nam - Thủy điện Chiêm Hóa, Tuyên Quang (công suất lắp máy 48 MW, cột nước 10 mét) vừa đi vào vận hành đã mở ra hướng đi mới cho phát triển thủy điện xanh ở Việt Nam. Thủy điện Chiêm Hóa sử dụng công nghệ "tuabin Capsule". Ưu điểm của loại công nghệ này là tận dụng tối đa nguồn thủy năng trên các con sông lớn để phát điện, vì cột phát điện rất thấp, chỉ từ 2,5m. Kết cấu công trình đơn giản, ngập lụt ít, hầu như không phải di dân mà chỉ đền bù đất nông nghiệp ven sông suối. Thủy điện cột nước thấp điều tiết hàng ngày, nên không ảnh hưởng lớn đến chế độ chảy tự nhiên của sông. Mức nước hồ thay đổi nhỏ trong ngày (0,5m) tạo ra cảnh quan đẹp và khu vực nuôi trồng thủy sản tốt.

¹PGS.TS, Khoa Xây dựng Công trình thủy. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: dhxd@vienctt.com

²ThS, Khoa Xây dựng Công trình thủy. Trường Đại học Xây dựng.

Ngoài thủy điện Chiêm Hóa, ở nước ta còn có một số NMTĐ cột nước thấp sử dụng tua bin Capsule đang được xây dựng. Thí dụ như thủy điện Bá Thước 1, Bá Thước 2 và Cẩm Thủy 1 trên sông Mã, thủy điện Yên Sơn, Bảo Lâm trên sông Gâm và một số công trình khác đang được nghiên cứu. Những phân tích trên cho thấy xu thế phát triển TTĐ cột nước thấp sử dụng tua bin Capsule ở nước ta, đó cũng chính là mục đích của bài báo này.

2. Phân loại tua bin thủy lực theo cột nước tác dụng

Vì điều kiện địa hình, địa chất và thủy văn của các TTĐ rất khác nhau, nên cột nước của TTĐ và lưu lượng đi qua tua bin (TB) cũng rất khác nhau. Phạm vi biến đổi cột nước rất lớn, từ một vài mét đến hàng nghìn mét. Phạm vi biến đổi của lưu lượng cũng rất lớn, từ vài l/s ở thủy điện nhỏ kiểu gia đình đến hàng trăm m³/s ở những TTĐ lớn. Vì vậy, tua bin thủy lực phải có nhiều kiểu, nhiều cỡ khác nhau mới đáp ứng được nhu cầu khai thác thủy năng trong thực tế [1].

Theo [1] và [2], thì năng lượng của một đơn vị chất lỏng lý tưởng tại một tiết diện nào đó được xác định theo định luật Becnuli:

$$E = Z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

Từ phương trình trên, ta thấy năng lượng của một đơn vị chất lỏng bao gồm 3 thành phần khác nhau: vị năng Z , áp năng p/γ và động năng $v^2/2g$, trong đó vị năng và áp năng là hai dạng của thế năng. Do đó, năng lượng của dòng nước gồm hai dạng: thế năng và động năng.

Năng lượng E_{1-2} mà dòng chảy trao cho tua bin được xác định bằng hiệu năng lượng đơn vị của dòng chảy trước khi vào bánh xe công tác (BXCT) của tua bin (điểm 1) và sau khi ra khỏi BXCT (điểm 2).

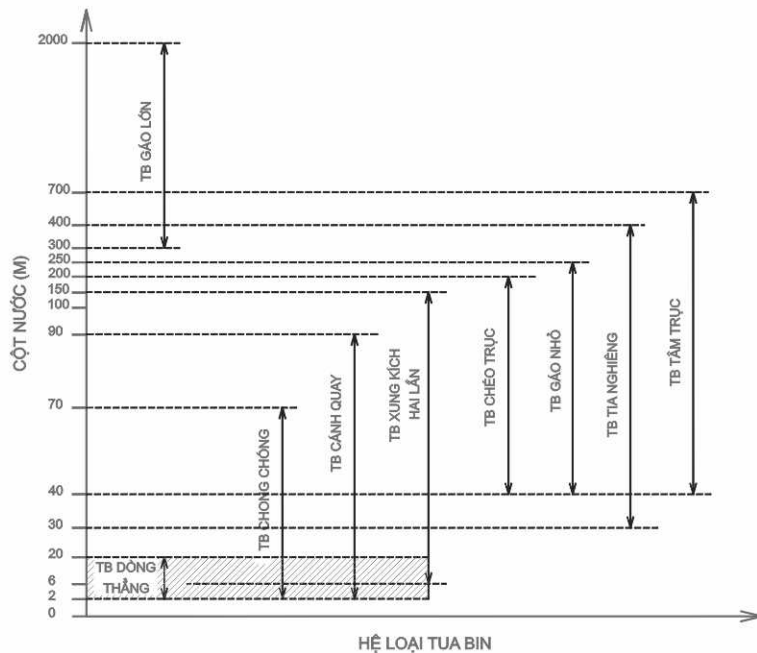
$$E_{1-2} = \left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} \right) - \left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \right) \quad (2)$$

$$E_{1-2} = \underbrace{\left\{ \left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right) - \left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \right) \right\}}_{\text{Phan nang luong phan kich (the nang)}} + \underbrace{\left\{ \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \right\}}_{\text{Phan nang luong xung kich (dong nang)}} \quad (3)$$

Từ phương trình (3), ta thấy, tùy theo kiểu tác động của dòng nước lên BXCT mà chia thành hai loại chính, tua bin phản kích (sử dụng thế năng của dòng chảy là chính) và tua bin xung kích (sử dụng động năng của dòng chảy là chính). Loại tua bin được chia thành nhiều hệ khác nhau. Trong mỗi hệ lại chia thành nhiều kiểu tua bin theo mẫu BXCT và các kích cỡ khác nhau (Bảng 1).

Bảng 1. Hệ loại tua bin thủy lực theo cột nước tác dụng

TT	Loại tua bin	Phạm vi cột nước (m)	TT	Loại tua bin	Phạm vi cột nước (m)
I	TB phản kích		3	TB xung kích hai lần	6 ÷ 150
1	TB chong chóng	2 ÷ 70	4	TB tia nghiêng	30 ÷ 400
2	TB cánh quay	2 ÷ 90	III	TB khác	
3	TB tâm trục	40 ÷ 700	1	TB dòng nửa thẳng	2 ÷ 20
4	TB chéo trục	40 ÷ 200	2	TB dòng thẳng	2 ÷ 20
II	TB xung kích		3	TB tháp	2 ÷ 20
1	TB gáo lớn	300 ÷ 2000	4	TB thuận nghịch	40 ÷ 700
2	TB gáo nhỏ	40 ÷ 250			



Hình 1. Hệ loại tua bin thủy lực theo cột nước tác dụng

Nghiên cứu biểu đồ Hình 1, chúng ta thấy trong phạm vi cột nước làm việc $H = (2 \div 20)m$ có 6 hệ loại tua bin có thể lựa chọn là: TB dòng nửa thẳng; TB chong chống; TB dòng thẳng; TB cánh quay; TB tháp; TB xung kích hai lần. Riêng tua bin xung kích hai lần chỉ sử dụng ở các TTĐ nhỏ và phù hợp với cột nước trung bình là chính. Với những TTĐ cột nước rất thấp $H = (2 \div 20)$ sẽ chỉ còn 5 loại tua bin. Do đặc điểm cấu tạo và nguyên lý khai thác tương tự nhau, trong nghiên cứu này sẽ gom 5 hệ loại tua bin trên thành 2 nhóm tua bin để tiện so sánh. Nhóm tua bin bao gồm TB dòng nửa thẳng, TB dòng thẳng và tua bin tháp được gọi là tua bin Capsule. Nhóm tua bin bao gồm TB chong chống và tua bin cánh quay được gọi là Tua bin hướng trục.

Điểm khác nhau lớn nhất giữa TB dòng thẳng và TB hướng trục là:

- + TB dòng thẳng có trục nằm ngang, TB hướng trục có trục thẳng đứng;
- + Dòng chảy từ cửa lấy nước, qua tua bin dòng thẳng, ra ống hút hầu như không thay đổi phương và chiều. Với tua bin hướng trục thì dòng chảy đổi phương nhiều lần từ cửa lấy nước qua BXCT của tua bin và ra khỏi ống hút;
- + Đối với TB dòng thẳng, cấu tạo sẽ phức tạp hơn do các bộ phận chắn nước và khí nước yêu cầu rất cao so với TB hướng trục.



Hình 2. Mô hình TB dòng thẳng và TB chong chống

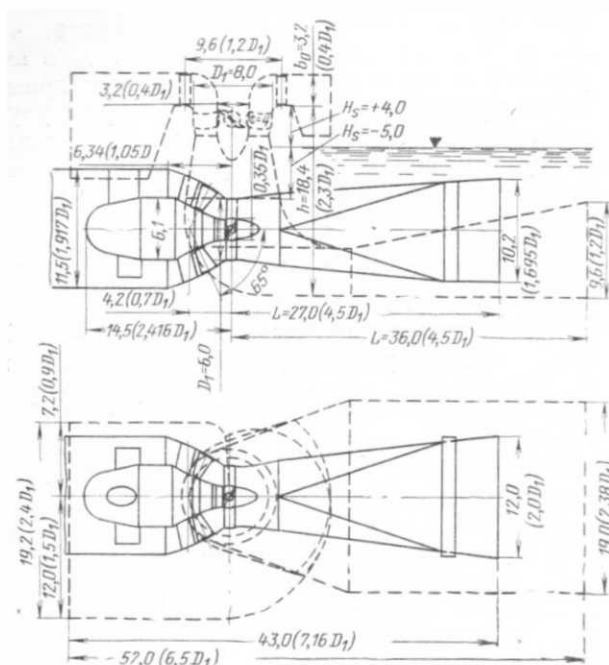
3. Ưu điểm của NMTĐ cột nước thấp sử dụng tua bin Capsule

Theo [4], nhà máy thủy điện cột nước thấp và rất thấp sử dụng tua bin Capsule có nhiều ưu điểm về xây dựng hơn nhà máy thủy điện cùng loại sử dụng tua bin hướng trục. Trong Hình 3, nét vẽ liền nét thể hiện phần qua nước của TB Capsule, còn nét đứt thể hiện phần qua nước của TB hướng trục của TTD cột nước thấp có cùng quy mô công suất. Về đường kính BXCT D_1 , với cùng quy mô công suất, đường kính BXCT của tua bin Capsule ($D_1 = 6,0\text{m}$) nhỏ hơn tua bin hướng trục ($D_1 = 8,0\text{m}$). Như vậy chi phí thiết bị cho TB Capsule có thể sẽ nhỏ hơn đáng kể so với TB hướng trục.

Nhận xét trên được giải thích thông qua công thức tính D_1 . Công thức xác định đường kính BXCT của tua bin phản kích áp dụng cho cả TB Capsule, TB chong chóng, TB cánh quy và TB tâm trục như sau:

$$D_1 = \sqrt{\frac{N_{TB}}{9,8 \ln_{TB} Q'_{l,ln} H_{tt} \sqrt{H_{tt}}}} \quad (\text{m}) \quad (4)$$

trong đó N_{TB} là công suất tua bin tính bằng kW, η_{TB} là hiệu suất tua bin tại điểm tính toán, $Q'_{l,ln}$ là lưu lượng quy dẫn tính toán (m^3/s), H_{tt} là cột nước tính toán (m). Với cùng N_{TB} và H_{tt} , thì η_{TB} của TB Capsule lớn hơn của TB hướng trục, còn $Q'_{l,ln}$ của TB Capsule cũng lớn hơn nên dẫn đến đường kính BXCT của tua bin Capsule nhỏ hơn so với TB hướng trục.



Hình 3. So sánh ưu điểm của NMTĐ lắp TB Capsule và TB hướng trục

Về số vòng quay đồng bộ, với cùng quy mô công suất (N_{TB}), số vòng quay của TB Capsule lớn hơn của TB hướng trục. Điều này được chứng minh qua công thức:

$$n = \frac{n'_{l,ln} \sqrt{H_{bq}}}{D_1} \quad (5)$$

Rõ ràng, vì D_1 của tua bin Capsule nhỏ hơn, nên số vòng quay đồng bộ của nó sẽ cao hơn TB hướng trục. Số vòng quay nhanh hơn cũng có lợi về quy mô, kích cỡ các thiết bị liên quan đến tua bin và máy phát điện.

Về cao trình BXCT, do điểm nguy hiểm về xâm thực của TB Capsule là mép trên của BXCT, còn với TB hướng trục đi qua trục cánh BXCT, nên độ an toàn về xâm thực của TB Capsule cao hơn nhiều, đồng thời tua bin và tổ máy TB hướng trục sẽ bị đẩy cao lên (đây là do ảnh hưởng của ống hút cong so với ống hút thẳng của TB Capsule).

Nghiên cứu mặt cắt ngang, chúng ta thấy: với cùng cao độ thấp nhất (đáy buồng TB của TB Capsule

và đáy ống hút của TB hướng trục) thì phần dưới nước của tua bin hướng trục lên đến 2,70 D₁, còn tua bin Capsule là 1,917 D₁. Trong trường hợp cụ thể này chênh lệch chiều sâu là (21,70 m - 11,50 m = 10,20 m). Như vậy công tác bê tông, BTCT cho phần dưới nước của tua bin hướng trục lớn gần gấp đôi so với tua bin Capsule.

Nghiên cứu mặt bằng, chúng ta thấy: với TB Capsule, mặt bằng cân đối, chiều rộng buồng tua bin và ống hút là 2 D₁ = 12,0 m. Với TB hướng trục, phần buồng tua bin không cân đối và có chiều rộng là 2,4 D₁ = 19,2 m, chiều rộng cửa ra ống hút là 2,38 D₁ = 19,0 m. Từ đó tính được chiều rộng mặt bằng của TB hướng trục lớn hơn TB Capsule là: (19,0/2 + 12,0) - 12,0 = 9,5 m. Như vậy công tác đào móng, công tác bê tông, BTCT cho phần dưới nước của tua bin hướng trục cũng lớn gần gấp đôi so với tua bin Capsule.

Từ những ưu điểm về thiết bị và về xây dựng công trình, NMTĐ cột nước thấp lắp đặt tua bin Capsule tỏ ra có ưu điểm vượt trội so với TB hướng trục.

4. Một số đặc điểm của công trình đầu mối TĐ cột nước thấp sử dụng tua bin Capsule

Đối với vùng hạ lưu sông suối, điều kiện tự nhiên có những đặc điểm sau: Độ dốc lòng sông nhỏ; Mặt cắt ngang sông lớn; Lưu lượng lớn trong cả mùa kiệt lẫn mùa lũ; Dòng chảy mùa kiệt đã được điều tiết bởi các hồ chứa thượng lưu; Chênh lệch mực nước mùa lũ và mùa kiệt không nhiều; Phù sa lơ lửng lớn, bùn cát di đầy không lớn; Dân cư và ruộng đồng ven sông phía thượng và hạ lưu đông đúc; Nhu cầu tạo cảnh quan, du lịch khát khe hơn ở thượng lưu. Từ những đặc điểm trên, đối với công trình đầu mối TĐ cột nước thấp và rất thấp lắp đặt tua bin Capsule ở phần hạ du các sông suối, cần lưu ý những vấn đề dưới đây.

+ Để giải quyết vấn đề tháo lũ và không gây ngập lụt thượng lưu, chỉ được phép tạo hồ chứa điều tiết ngày đêm, xây dựng tràn xả lũ có cửa van điều tiết. Vào mùa kiệt, đóng van, duy trì mực nước thượng lưu cho phép. Vào mùa lũ mở cửa van để đảm bảo không gây ngập lụt. Như vậy công trình tràn sẽ có nhiều khoang thậm chí rất nhiều khoang, ngưỡng tràn thấp và rất thấp, có khi xấp xỉ bằng cao độ đáy sông tự nhiên;

+ Để giải quyết vấn đề xả cát, cần xây dựng một vài khoang tràn vừa tháo lũ vừa xả cát nằm ngay cạnh NMTĐ. Cao độ ngưỡng các khoang này thấp hơn cao độ ngưỡng tràn chỉ làm nhiệm vụ xả lũ. Ngoài ra cần xây dựng tường chắn bùn cát di đầy trước kênh dẫn vào cửa lấy nước của NMTĐ;

+ Do vừa phát điện, vừa xả lũ, vừa xả cát nên phải có các tường phân dòng nằm giữa các khối NMTĐ, tràn xả cát và tràn xả lũ.

+ Để giải quyết vấn đề giao thông và vận tải đường sông, cần phải xây dựng âu tàu tại các TĐ cột nước thấp trên sông vùng đồng bằng.

5. Kết luận

Đối với vùng hạ du các sông lớn của nước ta, khi xây dựng thủy điện, tuy cột nước phát điện tạo ra có thể thấp hoặc rất thấp nhưng bù lại là lưu lượng phát điện lại rất lớn, cho nên quy mô công suất của các TĐ này có thể lên đến hàng chục, thậm chí hàng trăm MW.

Từ trước tới nay chúng ta mới chỉ chú ý khai thác các TĐ ở trung du và miền núi để tận dụng tính hiệu quả của chúng mà chưa lưu ý đến các TĐ ở vùng đồng bằng. Nay, các công trình thủy điện cột nước cao và trung bình đã khai thác hết. Việc phát triển thủy điện cột nước thấp được đánh giá là giải pháp cho vấn đề khai thác hiệu quả và bền vững nguồn năng lượng tái tạo này (xét đến tầm nhìn năm 2030).

So với TĐ cột nước thấp lắp đặt TB hướng trục, thì TĐ cột nước thấp lắp đặt tua bin Capsule có nhiều ưu điểm vượt trội. Nên về mặt lý thuyết và thực tiễn đều cho thấy xây dựng loại hình TĐ này là xu thế tất yếu của chúng ta trong tương lai./.

Tài liệu tham khảo

1. Hoàng Đình Dũng, Hoàng Văn Tần, Vũ Hữu Hải, Nguyễn Thượng Bằng (2011), *Máy thủy lực - Tua bin nước và máy bơm*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
2. Lê Phu (1971), *Tua bin nước*, Tủ sách Đại học Xây dựng, Hà Nội.
3. Nguyễn Thượng Bằng, Hoàng Đình Dũng, Ngô Tuấn Kiệt, Vũ Hữu Hải (2012), *Thủy năng và điều tiết dòng chảy*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
4. P. P. Gubin, G. I. Krivtrenko (1980), *Nhà máy thủy điện*, Maxcova.