

XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ CỦA TRẠM THỦY ĐIỆN NHỎ ĐIỀU TIẾT NGÀY LÀM VIỆC Ở CHẾ ĐỘ NGẬP CHÂN

Nguyễn Văn Nghĩa
Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Khi các trạm thủy điện (TTĐ) làm việc trong bậc thang thì chúng có liên hệ về thủy văn và thủy lực. Trường hợp nhà máy của công trình nằm trong phạm vi dao động mực nước của hồ chứa thủy điện phía hạ lưu (chế độ ngập chân) thì cao độ đáy kênh xả tối ưu của công trình đó cần được xác định thông qua phân tích kinh tế. Mặt khác, khi có công trình phía thượng lưu tham gia điều tiết thì mực nước chết (MNC) của công trình phía hạ lưu cần tính toán xác định lại để đạt hiệu quả cao nhất. Đối với TTĐ nhỏ điều tiết ngày thì khi tính toán xác định các thông số tối ưu cần được tính toán đồng thời về thủy văn-thủy lực, các trị số thủy năng được tính theo các khung giờ của biểu giá chi phí tránh được.

Từ khóa: Bậc thang, Trạm thủy điện, hiệu quả năng lượng, biểu giá chi phí tránh được, điều tiết ngày.

Summary: The hydropower plants have a relation about hydrology and hydraulic when they work in the cascade hydropower system. In case of one hydropower plant is in the limitation of downstream reservoir level change, it needs an economical analysis to determine the optimal bed chenal of this construction. In other way, the minimum drawdown level (MDDL) is recalculated to have maximum effective energy when a upstream reservoir regulate the flow. With a small hydropower having a daily regulation reservoir, when a parameter is optimal calculated it need having a simultaneous calculation about geology and hydraulic, the parameters power is calculated according to the avoidable cost tariffs.

Keywords: Cascade, Hydropower plant, effective energy, avoidable cost tariffs, daily regulation.

1. GIỚI THIỆU

Khi các công trình làm việc trong bậc thang mà chế độ thủy văn-thủy lực phụ thuộc lẫn nhau thì việc xác định các thông số của trạm thủy điện đều cần thiết phải tính toán đồng thời cho các trạm này. Một trong những vấn đề cần quan tâm nhất là liên hệ về mực nước hạ lưu nhà máy công trình thượng lưu với mực nước hồ chứa công trình phía hạ lưu. Khi kênh xả nhà máy thủy điện bị “ngập” trong hồ chứa công trình phía hạ lưu thì chế độ làm việc của nhà máy bị ảnh hưởng bởi quá trình biến đổi mực nước thượng lưu của công trình phía dưới. Như vậy chế độ làm việc của hai công trình đều có liên

hệ về lưu lượng-cột nước. Trong các thông số chịu ảnh hưởng bởi yếu tố trên thì cao độ đáy kênh xả của nhà máy phía thượng lưu và mực nước chết (MNC) thiết kế của hồ chứa công trình phía hạ lưu là hai thông số cần quan tâm hơn cả vì nó sẽ ảnh hưởng đến trị số các thông số còn lại khi tính toán thủy năng-thủy lợi. Trong phạm vi bài báo này chủ yếu đề cập đến việc xác định tối ưu cao độ đáy kênh xả và MNC tối ưu khi làm việc ở chế độ ngập chân công trình.

Trong tính toán thiết kế, do kênh xả nằm trong phạm vi ảnh hưởng của mực nước hồ phía dưới thì việc chọn cao trình đáy kênh xả hợp lý là cần

Ngày nhận bài: 09/4/2019
Ngày thông qua phản biện: 22/5/2019

Ngày duyệt đăng: 12/6/2019

thiết để đảm bảo hiệu quả kinh tế của dự án. Nếu chọn cao trình đáy kênh xả thấp thì tăng được sản lượng điện, nhưng để thi công nhà máy thì phải tăng kích thước đề quây nhà máy dẫn đến tăng chi phí. Ngược lại nếu chọn cao trình đáy kênh xả cao thì giảm sản lượng điện nhưng giảm chi phí đề quây. Đây là một bài toán kinh tế giữa chi phí-lợi ích.

Đối với công trình phía hạ lưu, khi có sự tham gia điều tiết nước của hồ chứa phía thượng lưu thì có thể MNC tối ưu của công trình sẽ thay đổi (thường cao hơn hoặc bằng MNC thiết kế). Do vậy, khi MNC thay đổi cũng sẽ ảnh hưởng đến việc quyết định đáy kênh xả cho nhà máy phía thượng lưu, việc xác định MNC tối ưu cho nhà máy phía hạ lưu cần được thực hiện trước khi tính toán xác định cao trình đáy kênh xả tối ưu cho nhà máy phía thượng lưu.

Bài báo xây dựng phương pháp tính toán thủy năng trong trường hợp các công trình thủy điện nhỏ điều tiết ngày có liên hệ phụ thuộc cả lưu lượng và cột nước với nhau. Áp dụng cho hai công trình cụ thể nằm trong bậc thang thủy điện để tìm ra lợi ích thông qua sản lượng điện thu được, đồng thời sử dụng phương pháp phân tích kinh tế để so sánh chọn ra phương án đáy kênh cho hiệu quả cao nhất.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để giải quyết vấn đề này, cần thiết phải kết hợp cả tính toán thủy năng mô phỏng cho bậc thang, đồng thời xem xét đến yếu tố chi phí xây dựng khi các thông số khác thay đổi, ở trong phạm vi bài báo này chỉ giới hạn bậc thang gồm hai công trình thủy điện nhỏ có hồ điều tiết ngày. Mô hình toán chung áp dụng khi phân tích lựa chọn thông số là bài toán hiệu quả kinh tế, trong bài báo này hàm mục tiêu của bài toán được thể hiện như trong phương trình (1):

$$\Delta NPV = \Delta B - \Delta C \rightarrow \max \quad (1)$$

Trong đó:

ΔNPV chính là chênh lệch lợi nhuận ròng thu được của công trình ứng một phương án (về trị

số của thông số nào đó) so với phương án gốc;

ΔB là doanh thu từ bán điện quy về thời điểm tại của một phương án (về trị số của thông số nào đó) so với phương án gốc.

ΔC là chi phí quy về thời điểm tại của một phương án (về trị số của thông số nào đó) so với phương án gốc.

2.1. Doanh thu B

Do các TTĐ làm việc trong bậc thang cho nên B sẽ phụ thuộc vào quy trình vận hành phát điện của các công trình này. Vì vậy, mục tiêu cần làm là tối ưu B dựa trên trị số năng lượng thu được, do đó hàm mục tiêu của bài toán là **DOANH THU** từ bán điện năm đạt giá trị lớn nhất.

$$B = \sum_{t=1}^{365} \sum_{i=1}^{24} B_i = \sum_{t=1}^{365} \sum_{i=1}^{24} E_i \cdot g_i \rightarrow \max \quad (2)$$

Ở đây: B là doanh thu từ bán điện trung bình trong một năm; B_i là doanh thu từ bán điện thu được ở giờ thứ i ; E_i và g_i lần lượt là điện năng thương phẩm và giá bán điện ở giờ thứ i ; 24 là số giờ trong ngày.

$$E_i = N_i \cdot t_i \quad (3)$$

N_i , t_i lần lượt là công suất trung bình và thời gian (giờ) tương ứng với khung giờ thứ i .

Công suất phát điện ở một thời điểm bất kỳ trong ngày được xác định:

$$N_i = 9,81 \cdot \eta_{tbi} \cdot \eta_{mfi} \cdot Q_i \cdot H_i \quad (4)$$

Ở đây, Q_i và N_i cần đảm bảo điều kiện ràng buộc về lưu lượng công suất:

$$Q_{\min} \leq Q_i \leq Q_{kdi} \quad (5)$$

$$N_{\min} \leq N_i \leq N_{kdi} \quad (6)$$

$Q_{\min}$; Q_{kdi} lần lượt là lưu lượng tối thiểu của tổ máy và lưu lượng khả dụng của nhà máy thủy điện, lưu lượng khả dụng phụ thuộc vào cột nước phát điện trong khi lưu lượng nhỏ nhất phụ thuộc vào điều kiện kỹ thuật của turbine, yêu cầu lợi dụng tổng hợp phía hạ lưu, yêu cầu

dòng chảy môi trường sinh thái,...và $Q_{kdi} \leq Q_{tdmax}$.

$N_{min}; N_{kdi}$ lần lượt là công suất tối thiểu của tổ máy và công suất khả dụng của nhà máy thủy điện, công suất khả dụng phụ thuộc vào cột nước phát điện.

$Q_i; H_i$ lần lượt là lưu lượng phát điện, cột nước trung bình phát điện thời đoạn thứ i ,

$\eta_{tbi}; \eta_{mfi}$ lần lượt là hiệu suất của tua-bin, máy phát điện tương ứng ở thời đoạn thứ i .

Hiệu suất của turbine η_{tbi} phụ thuộc vào lưu lượng và cột nước tương ứng ở thời đoạn thứ i . Như vậy, việc lựa chọn số tổ máy làm việc để đạt được điện năng giờ cao điểm cũng như tổng điện năng nhiều nhất trong ngày ngoài việc phụ thuộc vào lưu lượng nước đến còn phụ thuộc đáng kể vào đặc tính đường ống (quan hệ tổn thất cột nước Q-h_w) và đặc tính turbine.

Cột nước phát điện được xác định theo công thức:

$$H_i = \bar{Z}_{tli} - \bar{Z}_{hl}(Q_i) - h_w(Q_i) \quad (7)$$

Trong đó, $\bar{Z}_{tli}$ là mực nước thượng lưu trung bình của hồ chứa ở thời điểm thứ i

$$\bar{Z}_{tli} = Z(\bar{V}_i) = Z\left(\frac{V_{i-1} + V_i}{2}\right) \quad (8)$$

Ngoài ra còn đảm bảo điều kiện ràng buộc về mực nước thượng lưu của hồ chứa:

$$MNC \leq Z_{tli} \leq MNDBT \quad (9)$$

Trường hợp xét đến yếu tố ngập chân công trình tức mực nước thượng lưu của công trình phía hạ lưu ảnh hưởng đến mực nước hạ lưu của công trình phía thượng lưu thì phương trình (7) chuyển thành phương trình (10) sau đây:

$$H_i = \bar{Z}_{tli} - \max(\bar{Z}_{tli}^{haluu}; \bar{Z}_{hl}(Q_i)) - h_w(Q_i) \quad (10)$$

Trong đó: $\bar{Z}_{tli}^{haluu}$ là mực nước thượng lưu của hồ chứa công trình thủy điện phía hạ lưu ở thời

điểm đoạn i .

Tùy theo đặc điểm của các công trình mà có thể lựa chọn một trong hai phương án vận hành phát điện (chi tiết xem [1], [2]):

- **Phương án 1:** Vận hành tối đa công suất vào giờ cao điểm nhưng khi lưu lượng nước đến nhỏ cần tính toán sử dụng nước sao cho đầu giờ cao điểm thứ nhất ngày hôm sau (9h30) có nghĩa là hồ sẽ được tích đầy trước 9h30 ngày hôm sau bất kể lượng nước đến nhiều hay ít.

- **Phương án 2:** Vận hành tối đa công suất vào giờ cao điểm, khi lượng nước đến ít thì lấy nước từ hồ để phát điện đến MNC, như vậy trong ngày tiếp theo mực nước hồ có thể chưa đạt đến MNDBT trước 9h30 nếu lượng nước đến nhỏ.

Như vậy, sau khi chọn một phương án làm gốc để so sánh thì sẽ tính toán được ΔB của từng phương án.

2.2. Chi phí ΔC

ΔC chính là chi phí phải bỏ ra tăng lên/giảm đi của một phương án (ứng với trị số của một thông số nào đó) so với phương án gốc. Chi phí bao gồm các chi phí về xây dựng, thiết bị,...

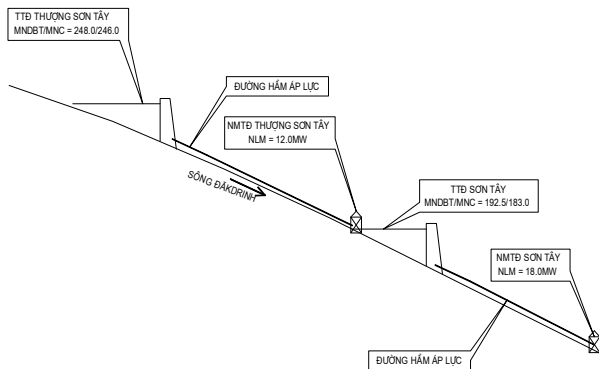
3. ÁP DỤNG TÍNH TOÁN CHO BẠC THANG THỦY ĐIỆN THƯỢNG SƠN TÂY - SƠN TÂY

3.1. Giới thiệu về công trình

Dự án thủy điện Thượng Sơn Tây có vị trí trên sông Đăk Đrinh, cách tuyến đập thủy điện Sơn Tây khoảng 2,1 km phía thượng lưu. Vị trí tuyến đập nằm trên xã Sơn Mùa và xã Sơn Dung, huyện Sơn Tây, tỉnh Quảng Ngãi, là dự án thủy điện tận dụng dòng chảy của lưu vực của sông Đăk Đrinh (phần khu giữa đập Đăk Đrinh - đập Thượng Sơn Tây khoảng 150 Km²) để phát điện với quy mô công suất khoảng 12 MW, sản lượng điện trung bình nhiều năm khoảng 37,16 triệu kWh. Công trình thủy điện Thượng Sơn Tây nằm sông Đăk Đrinh, là phụ lưu cấp 1 của sông Trà Khúc. Tuyến nhà máy

thủy điện Thượng Sơn Tây cách tuyến đập 2km về phía hạ lưu, cách trung tâm huyện Sơn Tây khoảng 6km về hướng Đông, cách trung tâm huyện Sơn Hà khoảng 8km về hướng Tây và cách thành phố Quảng Ngãi khoảng 45km về phía Tây Tây Nam.

Hạ lưu thủy điện Thượng Sơn Tây là thủy điện Sơn Tây có $MNDBT/MNC=192,5/183$ và $N_{lm}=18MW$. Diện tích lưu vực tính đến tuyến đập Sơn Tây khoảng 193 Km^2 , lưu lượng trung bình nhiều năm $Q_o=14,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Thủy điện Sơn Tây có đập dạng bê tông trọng lực, đập tràn tự do có ngưỡng tràn tương ứng $MNDBT$. Công trình đã được phê duyệt thiết kế kỹ thuật với phương án $MNC = 183\text{m}$ khi công trình thủy điện Thượng Sơn Tây chưa được bổ sung quy hoạch. Sơ đồ bậc thang thủy điện được thể hiện trong Hình 1.

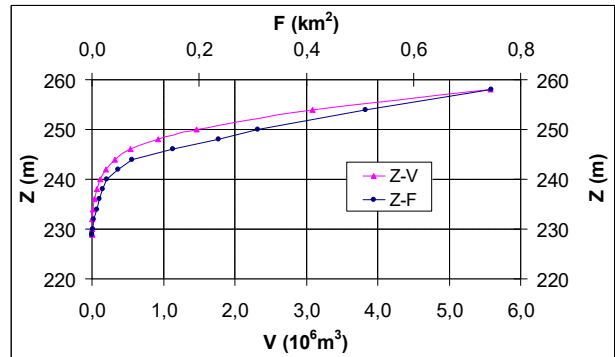


Hình 1: Sơ đồ bậc thang thủy điện Thượng Sơn Tây-Sơn Tây

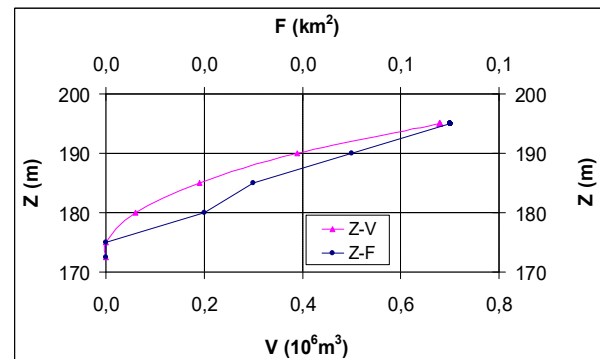
3.2. Tài liệu phục vụ tính toán

- Đặc trưng hồ chứa Z-F-V:

Đường quan hệ $Z = f(F, V)$ của thủy điện Thượng Sơn Tây và Sơn Tây được thiết lập trên cơ sở đo vẽ từ bản đồ địa hình tỷ lệ 1/2000.

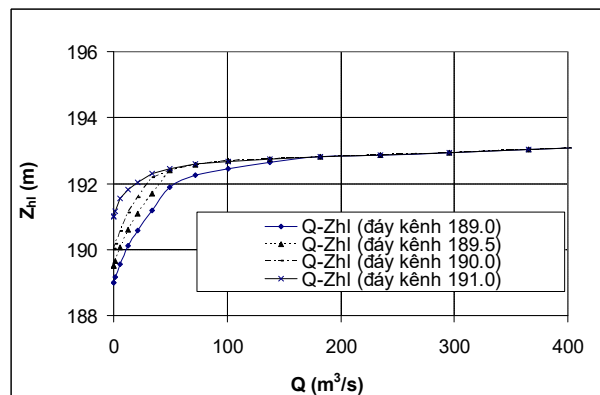


Hình 2: Quan hệ Z-F-V thủy điện Thượng Sơn Tây

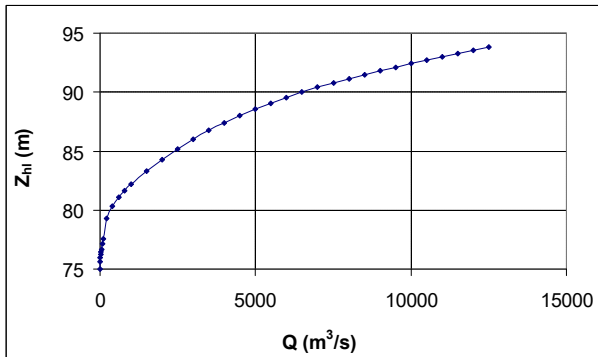


Hình 3: Quan hệ Z-F-V thủy điện Sơn Tây [3]

- Quan hệ lưu lượng (Q)-mực nước hạ lưu (Z_{hl}) tại kênh xả hạ lưu nhà máy: Đối với thủy điện Thượng Sơn Tây, khi lưu lượng xả của nhà máy vượt quá lưu lượng tối đa qua nhà máy thì mực nước hạ lưu sẽ chính là mực nước trên tràn của nhà máy thủy điện Sơn Tây (192,5m). Ứng với mỗi phương án đáy kênh xả khác nhau, tiến hành tính toán thủy lực để xác định quan hệ $Q-Z_{hl}$ tương ứng.

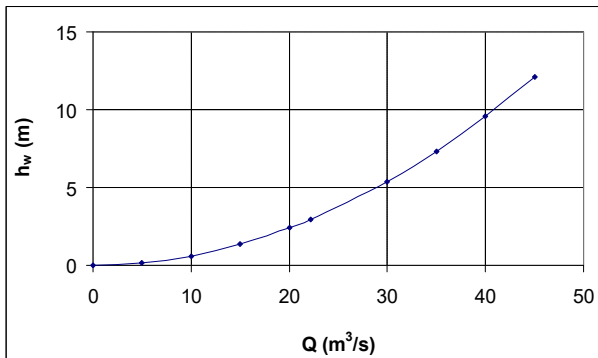


Hình 4: Quan hệ $Q-Z_{hl}$ thủy điện Thượng Sơn Tây ứng với các cao độ đáy kênh khác nhau

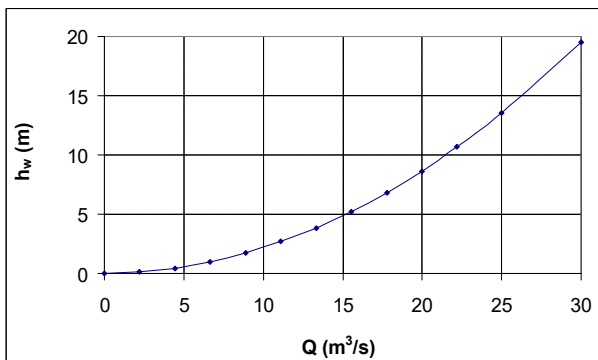


Hình 5: Quan hệ Q - Z_{hl} thủy điện Sơn Tây [3]

- Quan hệ lưu lượng (Q)-tổn thất cột nước trên tuyến năng lượng (h_w)



Hình 6: Quan hệ Q - h_w thủy điện Thượng Sơn Tây



Hình 7: Quan hệ Q - h_w thủy điện Sơn Tây

- Tài liệu thủy văn: Chuỗi dòng chảy ngày đến tuyến công trình từ 1977-2016.
- Tài liệu thăm và bốc hơi: Tính bằng 1% lưu lượng nước đến trung bình ngày.
- Đặc tính thiết bị: Cả hai công trình đều sử dụng tuabin tram trục (francis) trục đứng, máy

phát trực đứng đồng bộ ba pha. Hệ số công suất $K=9,81.\eta_{tb}.\eta_{mf}.\eta_{trđ}$ (hiệu suất truyền động $\eta_{trđ}=1$) của thủy điện Thượng Sơn Tây và Sơn Tây lần lượt là 8,66 và 8,6.

- Các cột nước đặc trưng

Cột nước lớn nhất H_{max} ; cột nước bình quân H_{bq} ; cột nước tính toán H_{tt} và cột nước nhỏ nhất H_{min} được xác định như sau:

$$H_{max} = MNC - Z_{hl}(Q_{min}) - h_w(Q_{min}) \quad (11)$$

$$H_{bq} = \frac{\sum_{i=1}^{365} \sum_{j=1}^{24} E_i \cdot H_i}{\sum_{i=1}^{365} \sum_{j=1}^{24} E_i} \quad (12)$$

$$H_{tt} = MNC - Z_{hl}(Q_{max}) - h_w(Q_{max}) \quad (13)$$

$$H_{min} = \min(H_{min1}; H_{min2}) \quad (14)$$

$$H_{min1} = MNC - Z_{hl}(Q_{max_MNC}) - h_w(Q_{max_MNC}) \quad (15)$$

$$H_{min2} = H(Q_{lũ_TK}) \quad (16)$$

Trong đó:

Q_{min} là lưu lượng chảy qua tuabin khi nhà máy làm việc với công suất tối thiểu $N_{min} = 60\%.N_{đm}$; ở đây $N_{đm}$ là công suất định mức của tổ máy;

Q_{max} là lưu lượng lớn nhất chảy qua nhà máy thủy điện;

Q_{max_MNC} là giá trị lưu lượng lớn nhất qua nhà máy trong điều kiện làm việc bình thường (không xả lũ) khi hồ ở mực nước chết;

H_{min1} là cột nước thấp nhất khi hồ ở mực nước chết ứng với trường hợp làm việc bình thường;

H_{min2} là cột nước xảy ra khi hồ Thượng Sơn Tây xả lũ thiết kế.

3.3. Xác định MNC tối ưu cho thủy điện Sơn Tây

Do thủy điện Sơn Tây đã được phê duyệt thiết kế với phương án $MNC = 192,5m$; $MNC = 183m$ nên cao độ ngưỡng cửa nhận nước đã cố định, MNC “định danh” chính là MNC

thiết kế. Tuy nhiên, khi phê duyệt thiết kế công trình này chưa có bổ sung quy hoạch thủy điện Thượng Sơn Tây ở phía thượng lưu, do vậy khi có sự tham gia làm việc của thủy điện Thượng Sơn Tây thì MNC trong quá trình vận hành thực cần tính toán lại để đảm bảo có hiệu quả cao nhất cho công trình. Ở đây chi phí xây dựng không thay đổi khi thay đổi MNC của hồ Sơn

Tây, do vậy phương án MNC tốt nhất là phương án cho doanh thu cao nhất, doanh thu được tính toán trên cơ sở giá bán điện áp dụng cho năm 2019 [4]. Kết quả tính toán thủy năng liên hồ chứa Thượng Sơn Tây-Sơn Tây để xác định MNC tối ưu cho thủy điện Sơn Tây được thể hiện trong Bảng 1:

Bảng 1: Bảng tổng hợp so sánh MNC hồ thủy điện Sơn Tây

TT	Thông số	Đơn vị	Liên hồ Thượng Sơn Tây - Sơn Tây						
1	MNDBT	m	192,5	192,5	192,5	192,5	192,5	192,5	192,5
2	MNC	m	183	185	187	188	189	190	191
3	Cột nước Hmax	m	116,21	116,21	116,21	116,21	116,21	116,21	116,21
4	Cột nước Hmin	m	92,98	92,98	92,98	92,98	92,98	92,98	92,98
5	Cột nước tính toán	m	97,10	97,10	97,10	97,10	97,10	97,10	97,10
6	Cột nước bình quân	m	114,88	114,93	115,03	115,08	115,15	115,24	115,44
7	Lưu lượng lớn nhất	m ³ /s	21,57	21,57	21,57	21,57	21,57	21,57	21,57
8	Công suất bảo đảm	MW	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56
9	Công suất lắp máy	MW	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
10	Điện năng trung bình Eo	triệu kwh	74,884	74,900	74,923	74,926	74,933	74,929	74,768
11	Điện năng mùa mưa	triệu kwh	25,21	25,21	25,20	25,20	25,20	25,19	25,18
12	Giờ cao điểm mùa mưa	triệu kwh	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14
13	Giờ trung bình mùa mưa	triệu kwh	12,88	12,88	12,88	12,88	12,87	12,87	12,86
14	Giờ thấp điểm mùa mưa	triệu kwh	6,19	6,19	6,19	6,19	6,19	6,19	6,19
15	Điện năng mùa khô	triệu kwh	49,68	49,69	49,72	49,72	49,74	49,74	49,58
16	Giờ cao điểm mùa khô	triệu kwh	18,43	18,45	18,46	18,47	18,47	18,47	18,41
17	Giờ trung bình mùa khô	triệu kwh	23,36	23,36	23,36	23,36	23,37	23,37	23,27
18	Giờ thấp điểm	triệu kwh	7,89	7,89	7,89	7,89	7,89	7,90	7,90

TT	Thông số	Đơn vị	Liên hồ Thượng Sơn Tây - Sơn Tây						
	mùa khô								
19	Hệ số công suất k	-	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60
20	Số tổ máy	-	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
21	Lưu lượng nhỏ nhất	m ³ /s	5,41	5,41	5,41	5,41	5,41	5,41	5,41
22	Mức nước hạ lưu min	m	75,62	75,62	75,62	75,62	75,62	75,62	75,62
23	Dòng chảy môi trường	m ³ /s	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
24	Doanh thu (trừ 1,5% tổn thất)	Tỷ đồng	87,513	87,551	87,599	87,616	87,633	87,630	87,398

Như vậy, khi có sự tham gia điều tiết của Thượng Sơn Tây, MNC vận hành thực tế của hồ Sơn Tây chỉ cần hạ đến cao độ 189,0m là mang lại hiệu quả tối ưu nhất du doanh thu chênh lệch không đáng kể, tuy nhiên điều này có ý nghĩa trong việc quyết định cao trình đáy kênh xả của nhà máy Thượng Sơn Tây.

3.4. Xác định cao trình đáy kênh xả tối ưu cho thủy điện Thượng Sơn Tây

Như phân tích ở trên, khi có sự tham gia điều tiết của hồ thủy điện Thượng Sơn Tây, thông số hồ

chứa của thủy điện Sơn Tây nên thay đổi là MNDBT/MNC=192,5/189,0m. Như vậy, các phương án đáy kênh xả của thủy điện Thượng Sơn Tây chỉ nên xem xét từ 189m trở lên. Khi đáy kênh xả tăng lên thì sản lượng điện cũng giảm đồng thời chi phí vào xây dựng nhà máy (chủ yếu chi phí bê tông) và chi phí đề quai phục vụ thi công nhà máy (do ngập trong hồ chứa thủy điện Sơn Tây) tăng lên, ở đây bài báo coi phương án gốc là phương án có cao độ đáy kênh ở 191,0m. Kết quả được thể hiện trong Bảng 2:

Bảng 2: Bảng tổng hợp so sánh cao độ đáy kênh xả nhà thủy điện Thượng Sơn Tây

TT	Thông số	Đơn vị	Cao độ đáy kênh xả			
			189	189,5	190	191
1	MNDBT	m	248	248	248	248
2	MNC	m	246	246	246	246
3	Cột nước H _{max}	m	58,09	57,57	57,08	56,12
4	Cột nước H _{min}	m	48,75	48,75	48,75	48,75
5	Cột nước tính toán	m	50,25	50,25	50,25	50,25
6	Cột nước bình quân	m	54,99	54,87	54,71	54,20
7	Lưu lượng đảm bảo	m ³ /s	3,89	3,89	3,89	3,89
8	Lưu lượng lớn nhất	m ³ /s	27,57	27,57	27,57	27,57
9	Công suất bảo đảm	MW	1,85	1,85	1,85	1,85
10	Công suất lắp máy	MW	12,00	12,00	12,00	12,00

TT	Thông số	Đơn vị	Cao độ đáy kênh xả			
			189	189,5	190	191
11	Chênh lệch điện năng trung bình Eo	triệu kwh	0,191	0,143	0,091	0,000
12	Chênh lệch điện năng mùa mưa	triệu kwh	0,149	0,110	0,073	0,000
13	Chênh lệch điện năng giờ cao điểm mùa mưa	triệu kwh	0,000	0,000	0,000	0,000
14	Chênh lệch điện năng giờ trung bình mùa mưa	triệu kwh	0,101	0,074	0,049	0,000
15	Chênh lệch điện năng giờ thấp điểm mùa mưa	triệu kwh	0,049	0,036	0,024	0,000
16	Chênh lệch điện năng mùa khô	triệu kwh	0,042	0,033	0,018	0,000
17	Chênh lệch điện năng giờ cao điểm mùa khô	triệu kwh	0,024	0,018	0,009	0,000
18	Chênh lệch điện năng giờ trung bình mùa khô	triệu kwh	0,017	0,014	0,009	0,000
19	Chênh lệch điện năng giờ thấp điểm mùa khô	triệu kwh	0,000	0,000	0,000	0,000
20	Số tổ máy	-	2,00	2,00	2,00	2,00
21	Chênh lệch tổng mức đầu tư trước thuế	tỷ đồng	1,920	1,160	0,570	0,000
22	Δ NPV	tỷ đồng	0,748	0,801	0,653	0,000

Như vậy, khi nhà máy thủy điện Thượng Sơn Tây nằm trong phạm vi dao động mực nước hồ thủy điện Sơn Tây thì cao độ đáy kênh xả không phải ở mức thấp ngang với MNC thiết kế của hồ thủy điện Sơn Tây, ở đây cao độ đáy kênh xả tối ưu gần xấp xỉ với MNC tối ưu của hồ thủy điện Sơn Tây khi làm việc ở chế độ vận hành liên hồ.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã sử dụng phương pháp tính toán mô phỏng thủy năng kết hợp phân tích kinh tế để lựa chọn cao trình đáy kênh xả và mực nước chết tối ưu khi các trạm này làm việc trong bậc

thang ở chế độ ngập chân công trình.

Đối với các nhà máy thủy điện ở hạ lưu, khi có sự tham gia điều tiết của các hồ chứa phía thượng lưu thì MNC có thể nâng lên để đảm bảo vận hành có hiệu quả cao nhất.

Đối với các nhà máy thủy điện ở thượng lưu mà chế độ làm việc phụ thuộc vào mực nước thượng lưu của nhà máy thủy điện phía hạ lưu thì cao độ đáy kênh xả không thể chọn theo MNC của hồ phía dưới (khi thiết kế) mà cần dựa vào MNC vận hành của hồ phía dưới.

Khi áp dụng cho Thượng Sơn Tây và Sơn Tây cho thấy, MNC của hồ Sơn Tây cao hơn MNC trong

quá trình thiết kế kỹ thuật khoảng 6m trong khi cao (189,5m) xấp xỉ với MNC tối ưu hồ Sơn Tây khi
trình đáy kênh xả thủy điện Thượng Sơn Tây vận hành liên hồ chứa (189,0m).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] *Nguyễn Văn Nghĩa và nnk (2017)*. "Nghiên cứu cơ sở khoa học tối ưu vận hành phát điện cho bậc thang thủy điện nhỏ điều tiết ngày Không Nô 2&3 khi tham gia thị trường điện Việt Nam". Đề tài nghiên cứu khoa học cấp cơ sở, ĐH Thủy lợi năm 2016.
- [2] *Nguyễn Văn Nghĩa (2017)*. "Nghiên cứu lựa chọn quy trình vận hành phát điện hợp lý cho bậc thang thủy điện Không Nô 2&3". Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, số 41 tháng 12/2017, trang 120-126.
- [3] *Công trình thủy điện Sơn Tây (2017)*. "Hồ sơ thiết kế kỹ thuật".
- [4] *Quyết định số 226/QĐ-BCT ngày 31 tháng 01 năm 2019 (2019)*. "Ban hành biểu giá chi phí tránh được năm 2019".