

# NGHIÊN CỨU CÁC PHƯƠNG THỨC PHỐI HỢP VẬN HÀNH PHÁT ĐIỆN SAU KHI MỞ RỘNG THỦY ĐIỆN HÒA BÌNH

Phan Trần Hồng Long<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Thủy điện Hòa Bình là bậc thang cuối cùng thuộc hệ thống các bậc thang thủy điện trên Sông Đà và đang được dự kiến mở rộng công suất lên đến 2400MW. Nghiên cứu vận hành phối hợp ba hồ chứa trên lưu vực sông Đà với mục tiêu điện lượng lớn nhất trong khi vẫn đảm bảo các điều kiện về phòng lũ và cấp nước hạ du theo quy trình liên hồ là bài toán cần phải giải quyết. Mô hình sử dụng phương pháp quy hoạch động tính toán cho 110 năm thủy văn liên tục của ba hồ chứa trên dòng chính lưu vực sông Đà là Lai Châu, Sơn La và Hòa Bình. Kết quả đã chỉ ra được các mức độ phối hợp mực nước thượng lưu của ba hồ trên dòng chính sông Đà để thu được hàm mục tiêu yêu cầu.

**Từ khóa:** Phối hợp phát điện, Quy hoạch động, Thủy điện Hòa Bình mở rộng, Sông Đà.

Ban Biên tập nhận bài: 17/03/2020 Ngày phản biện xong: 20/04/2020 Ngày đăng bài: 25/04/2020

## 1. Mở đầu

Trong quá trình phát triển kinh tế đất nước, đặc biệt là những năm gần đây, yêu cầu công suất và điện lượng đang có sự khác biệt về cả nguồn cung và số giờ lợi dụng công suất lắp máy ( $h_{Nlm}$ ). Nhằm đáp ứng được nhu cầu dùng điện ngày càng tăng, cần có kế hoạch phát triển và vận hành hợp lý các nguồn điện trong đó có thủy điện. Việt Nam có nguồn thủy năng phong phú, mặc dù thủy điện hiện đang chiếm một tỉ trọng lớn trong hệ thống điện nhưng theo thời gian thì tỉ trọng của nguồn điện này trong hệ thống sẽ giảm cả về công suất và điện lượng.

Việc xây dựng thủy điện trên các dòng sông lớn và sông chính cơ bản đã hoàn tất theo quy hoạch bậc thang các dòng sông. Tuy nhiên, trên các sông nhánh, hoặc sông nhỏ vẫn còn các thủy điện khác đang được xây dựng. Bên cạnh đó, Việt Nam đã và đang đầu tư mở rộng một số nhà máy thủy điện (NMTĐ) có điều kiện mở rộng như: Thác Mơ, Đa Nhim, Hòa Bình, Ialy.

Lưu vực sông Đà có nhiều hồ chứa phát điện có công suất và dung tích lòng hồ lớn. Việc phối hợp phát điện các hồ chứa này sẽ giúp gia tăng tổng công suất phát điện cũng như lượng điện

phát ra. Đối với ba hồ chứa điều tiết nằm trên dòng chính sông Đà là Lai Châu, Sơn La và Hòa Bình thì hai nhà máy đầu vận hành chưa đến 10 năm còn NMTĐ Hòa Bình đã vận hành hơn 30 năm và sắp được mở rộng với tổng công suất sau mở rộng là 2400MW [6].

Bốn chức năng chính của thủy điện Hòa Bình theo thứ tự bao gồm: (1) trị thủy sông Đà, chống lũ, giảm nhẹ thiên tai, đảm bảo an toàn cho vùng đồng bằng Bắc Bộ và Thủ đô Hà Nội; (2) sản xuất điện năng cung cấp cho phát triển kinh tế xã hội của đất nước với sản lượng thiết kế bình quân 8,16 tỷ kWh/năm; (3) tăng cường nước về mùa khô phục vụ nông nghiệp và nhu cầu khác ở vùng đồng bằng Bắc Bộ; (4) cải thiện điều kiện vận tải đường thủy trên sông Đà, góp phần thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội các tỉnh vùng núi Tây Bắc.

Đối với các hệ thống hồ chứa lớn, phức tạp, mô phỏng bằng mô hình toán học với các đối tượng có đầy đủ đặc điểm như bậc thang hồ chứa phát điện thường được lựa chọn. Một số nghiên cứu liên quan tại Việt Nam có thể kể đến như: Hoàng Thanh Tùng và nnk. (2013) ứng dụng phần mềm Crystal Ball xác định chế độ vận hành tối ưu phát điện cho hồ chứa Thác Bà, Tuyên Quang và bậc thang hồ chứa Sơn La, Hòa Bình

<sup>1</sup>Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi  
Email: phanllq@tlu.edu.vn

có tính đến nhu cầu cấp nước hạ du [3]. Hồ Ngọc Dung (2017) nghiên cứu tính toán chế độ vận hành theo lợi ích lớn nhất cho hai hồ Sơn La và Hòa Bình trong mùa cạn, xác định tập hợp đường vận hành tối ưu, và sử dụng kết hợp biểu đồ điều phối để tập trung vào nghiên cứu cơ sở khoa học, xây dựng thuật toán và mô hình bài toán tối ưu điều tiết các hồ chứa của bậc thang thủy điện [4]. Các nghiên cứu trên chưa xét đến việc mở rộng NMTĐ Hòa Bình và khả năng thay đổi các thông số liên quan. Do vậy nghiên cứu này tập trung vào tính toán vận hành phối hợp phát điện ba hồ chứa chính trên sông Đà sau khi mở rộng NMTĐ Hòa Bình. Nghiên cứu sử dụng các yêu cầu về phòng lũ và cấp nước trong quy trình vận hành liên hồ mới nhất (tháng 6 năm 2019) để áp dụng vào tính toán [7].

## 2. Phương pháp tính toán và tài liệu sử dụng

### 2.1. Bài toán vận hành tối ưu bậc thang hồ chứa phát điện

Các bài toán vận hành tối ưu hồ chứa thường có mục tiêu là tối đa hóa điện lượng hoặc doanh thu; tối thiểu các thiệt hại về cung cấp nước hoặc phòng lũ.

Hàm mục tiêu tối ưu điện lượng thường có dạng:

$$F = \max \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^L \Delta E_{i,j,k} \right) \quad (1)$$

Trong đó  $F$  là hàm mục tiêu cần tối đa hóa sản lượng điện;  $N$  là số năm tính toán;  $M$  là số thời đoạn trong năm;  $L$  là số bậc thang thủy điện;  $\Delta E_{i,j,k}$  là điện lượng của bậc thang thứ  $k$  trong thời đoạn  $j$  của năm thứ  $i$ . Điện lượng này phụ thuộc vào lưu lượng phát điện; cột nước phát điện và hệ số công suất phát điện của từng nhà máy. Các thông số này lại tiếp tục phụ thuộc vào các ràng buộc như phạm vi cho phép của mực nước thượng hạ lưu mỗi nhà máy; lưu lượng hạ du tối thiểu; khả năng qua nước và phát điện của tổ máy...

### 2.2. Thuật toán quy hoạch động

Do bài toán tối ưu vận hành có thể chia thành

các thời đoạn kế tiếp nhau nên quá trình giải bài toán tối ưu có thể áp dụng thuật toán quy hoạch động theo thời gian [5]. Với mỗi thời đoạn tính toán, thuật toán sẽ tiến hành tìm phương án tối ưu phát điện. Tổng hợp các phương án tối ưu cục bộ ta sẽ được phương án tối ưu toàn bộ.

Với mỗi thời đoạn  $j$  kế tiếp sau thời đoạn  $j-1$ , giá trị điện lượng tối đa được xác định thông qua công thức:

$$E_j^*(s_j) = \max \{ E_{j-1}^*(s_{j-1}) + \Delta E_{s_{j-1}, s_j} \} \quad (2)$$

Trong đó  $j$  là chỉ số trạng thái cuối thời đoạn  $j$ ;  $j-1$  chỉ số trạng thái cuối thời đoạn  $j-1$  hay là chỉ số trạng thái đầu thời đoạn  $j$ ;  $s$  là tập hợp các mực nước thượng lưu (MNTL);  $\Delta E$  là độ gia tăng điện lượng trong thời đoạn  $j$  với biến thiên MNTL từ tổ hợp  $s_{j-1}$  đến tổ hợp  $s_j$ .

### 2.3. Lập trình bài toán tối ưu cho hệ thống hồ chứa bậc thang thủy điện

Nghiên cứu thực hiện lập trình bằng ngôn ngữ Visual Basic, phiên bản Microsoft Express 2010. Hàm mục tiêu được tùy biến có thể là điện lượng (trung bình năm hoặc mùa kiệt của hệ thống hay của một hồ xác định) lớn nhất hoặc doanh thu lớn nhất nếu có giá bán điện lượng và công suất khả dụng đi cùng.

Thời đoạn tính toán của chương trình được lập cho thời đoạn tháng. Các giá trị được chia lưới theo mực nước và nội suy vào mảng giá trị đi kèm như khi tạo lưới MNTL thì cũng tạo luôn lưới dung tích thượng lưu tương ứng.

Chia mực MNTL với phạm vi từ mực nước chết (MNC) đến mực nước dâng bình thường (MNDBT) mỗi bậc thang thành các khoảng cách tùy biến  $\Delta Z = 0,1; 0,2; 0,5$  hoặc  $1m$ .

### 2.4. Áp dụng vào hệ thống ba hồ chứa chính trên sông Đà

Nghiên cứu áp dụng chương trình đã lập tính toán tối ưu tổng sản lượng điện cho ba hồ chứa điều tiết năm trên dòng chính Sông Đà là Lai Châu (1200MW); Sơn La (2400MW) và Hòa Bình sau mở rộng (2400MW).

Nghiên cứu sử dụng dòng chảy lịch sử trung bình thời đoạn tháng từ năm 1902 đến 2012 để tính toán với các yêu cầu tối ưu tổng điện lượng

ba hồ cho từng năm thủy văn (TH1) hoặc cho cả liệt năm thủy văn (TH2).

Tính toán điều tiết theo năm thủy văn bắt đầu từ đầu mùa lũ (tháng 6 hàng năm) đến cuối mùa kiệt năm sau. Tính toán với phạm vi MNTL cho phép theo quy trình vận hành liên hồ chứa [7].

Các yêu cầu về phòng lũ thông qua các mực nước cao nhất được cho phép trong mùa lũ và yêu cầu về lưu lượng cung cấp nước hạ du và mực nước cho phép tối thiểu trong mùa kiệt được chuyển thành điều kiện biên trong mô hình toán. Tập hợp MNTL của các hồ theo thời gian là các tập nghiệm khả dụng của mô hình. Tổng sản lượng điện ba hồ là hàm mục tiêu tính toán.

Dữ liệu đầu vào bao gồm: bước thời gian ( $\Delta T$  = số giờ/tháng) và thời điểm bắt đầu của mô phỏng (gán giá trị ban đầu  $E_{0,0,0} = 0$ ; các giá trị  $E$  khác được gán bằng  $-\infty$  để sử dụng trong so sánh khi dùng công thức 2), quan hệ lòng hồ được nội suy theo các đường quan hệ, phạm vi mực nước lớn nhất, nhỏ nhất được xác định theo mức cho phép của quy trình liên hồ [7].

Lưu lượng hạ lưu của Hòa Bình bình quân mỗi tháng phải lớn hơn lưu lượng yêu cầu tương ứng [7].

MNTL tại thời điểm bắt đầu và kết thúc tính toán tương ứng của các hồ Lai Châu và Sơn La là MNC 265 m và 175 m; của Hòa Bình là 90m (xấp xỉ mực nước thực tế bình quân các năm). Khi tính tối ưu từng năm thì thời điểm kết thúc là từng năm thủy văn, khi tính tối ưu theo cả liệt năm thì thời điểm kết thúc là cuối liệt năm thủy văn

Nghiên cứu sử dụng các phương trình cân bằng nước cho mỗi bậc thang và lấy lưu lượng đến Lai Châu là lưu lượng tự nhiên tháng. Lưu lượng đến Sơn La là lưu lượng được điều tiết từ Lai Châu cộng với lưu lượng khu giữa hai đập thủy điện Sơn La và Lai Châu. Lưu lượng đến Hòa Bình là lưu lượng được điều tiết từ Sơn La cộng với lưu lượng khu giữa hai đập thủy điện Sơn La và Hòa Bình. Lưu lượng khu giữa được xác định là hiệu lưu lượng tự nhiên giữa các tuyến đập trong liệt năm (số liệu được thu thập từ năm 2012 trở về trước, thời điểm các thủy điện

Lai Châu và Sơn La chưa khánh thành).

Khi MNTL Hòa Bình dâng cao trên 112m thì có xét đến ngập chân hạ lưu thủy điện Sơn La, hàm nội suy hai biên được sử dụng để tính ra mực nước hạ lưu Sơn La theo lưu lượng hạ lưu Sơn La và MNTL Hòa Bình [1].

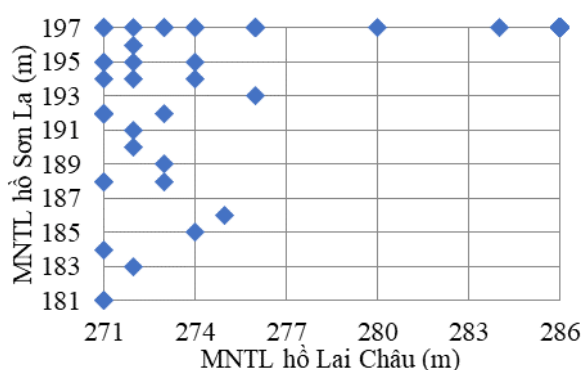
### 3. Phân tích kết quả và đánh giá

#### 3.1. Kết quả tính toán điều tiết năm hoàn toàn trên liệt năm (TH1)

Kết quả đường diễn biến MNTL ba hồ trường hợp điều tiết năm cho liệt năm được thể hiện trên các hình TH1 thuộc Bảng 3.

Tương ứng với diễn biến đường MNTL là 11 thời điểm đầu tháng (từ tháng 7 đến tháng 5 năm sau) dạng hình khối hoặc bảng kết hợp biểu đồ để thể hiện MNTL tổ hợp của ba hồ tại các thời điểm tính toán.

Kết quả tổ hợp MNTL cho thời điểm ngày 1 tháng 8 hàng năm được thể hiện toàn bộ trong Bảng 2 và chi tiết cho 107 năm thủy văn còn lại trên Hình 1.



Hình 1. Tổ hợp MNTL 2 hồ Lai Châu và Sơn La ngày 1/8 khi MNTL Hòa Bình là 101m

Hình 1 đã thể hiện rõ tổ hợp phạm vi mực nước này chỉ xuất hiện ở nửa trên bên trái. Điều này cũng chỉ rõ nếu đây là thời điểm tích nước thì nên tích vào hồ dưới trước hoặc nếu là thời điểm cấp nước thì nên cấp từ hồ trên trước.

Bảng 1. Tổ hợp MNTL (m) ba hồ tại thời điểm ngày 1 tháng 8 các năm thủy văn TH1

| Năm thủy văn    | Lai Châu | Sơn La  | Hòa Bình |
|-----------------|----------|---------|----------|
| 1952-1953       | 271      | 190     | 96       |
| 1967-1968       | 271      | 197     | 98       |
| 1979-1980       | 277      | 197     | 99       |
| 107 năm còn lại | 271-286  | 181-197 | 101      |

### **3.2. Kết quả tính toán điều tiết năm kéo dài trên liệt năm (TH2)**

Trong TH này, MNTL cuối năm mỗi năm thủy văn không nhất thiết về bằng mực nước đầu năm. Mực nước đầu năm sau bằng mực nước cuối năm trước. Mực nước cả ba hồ cuối liệt năm bằng mực nước xuất phát của năm đầu tiên trong liệt năm. Các diễn biến mực nước được thể hiện ở TH2 trên Bảng 2.

So sánh kết quả 2 trường hợp trên Bảng 2, diễn biến mực nước Hòa Bình TH2 tại thời điểm bắt đầu năm thủy văn thường được giữ ổn định ở mức tương đối cao khoảng 92,5m nếu Sơn La và Lai Châu đã hoàn thành nhiệm vụ điều tiết. MNTL đầu mùa lũ của Lai Châu thường về mức 275m (lớn hơn MNC khoảng 10m) còn MNTL của Sơn La thường có dao động từ 175m đến 185 m. Kết quả này thể hiện hai hồ Sơn La và Lai Châu cần phạm vi điều tiết nhiều hơn để MNTL Hòa Bình thường được giữ cố định theo thời gian.

Kết quả về điện lượng trung bình nhiều năm của 2 TH tính toán với hồ sơ thiết kế được thể hiện trên Bảng 3. Kết quả này cũng cho thấy việc vận hành phối hợp nhiều năm (TH2) cho kết quả tổng điện lượng ba hồ lớn hơn việc vận hành phối hợp ba hồ chỉ riêng cho từng năm (TH1).

### **3.3. Kết quả một số trường hợp mực nước dâng bình thường NMTĐ Hòa Bình khác 117m**

Về MNDBT NMTĐ Hòa Bình, theo các quy trình vận hành tạm thời (1991) và chính thức (1997) được ban hành theo thời gian, MNDBT nhà máy lúc bắt đầu vận hành là 115m. Sau một số năm vận hành đã thường xuyên coi MNDBT = 117m và MNDBT được chính thức công nhận sau khi thủy điện Sơn La đi vào vận hành [2].

Việc vận hành này tương ứng với các cấp vận

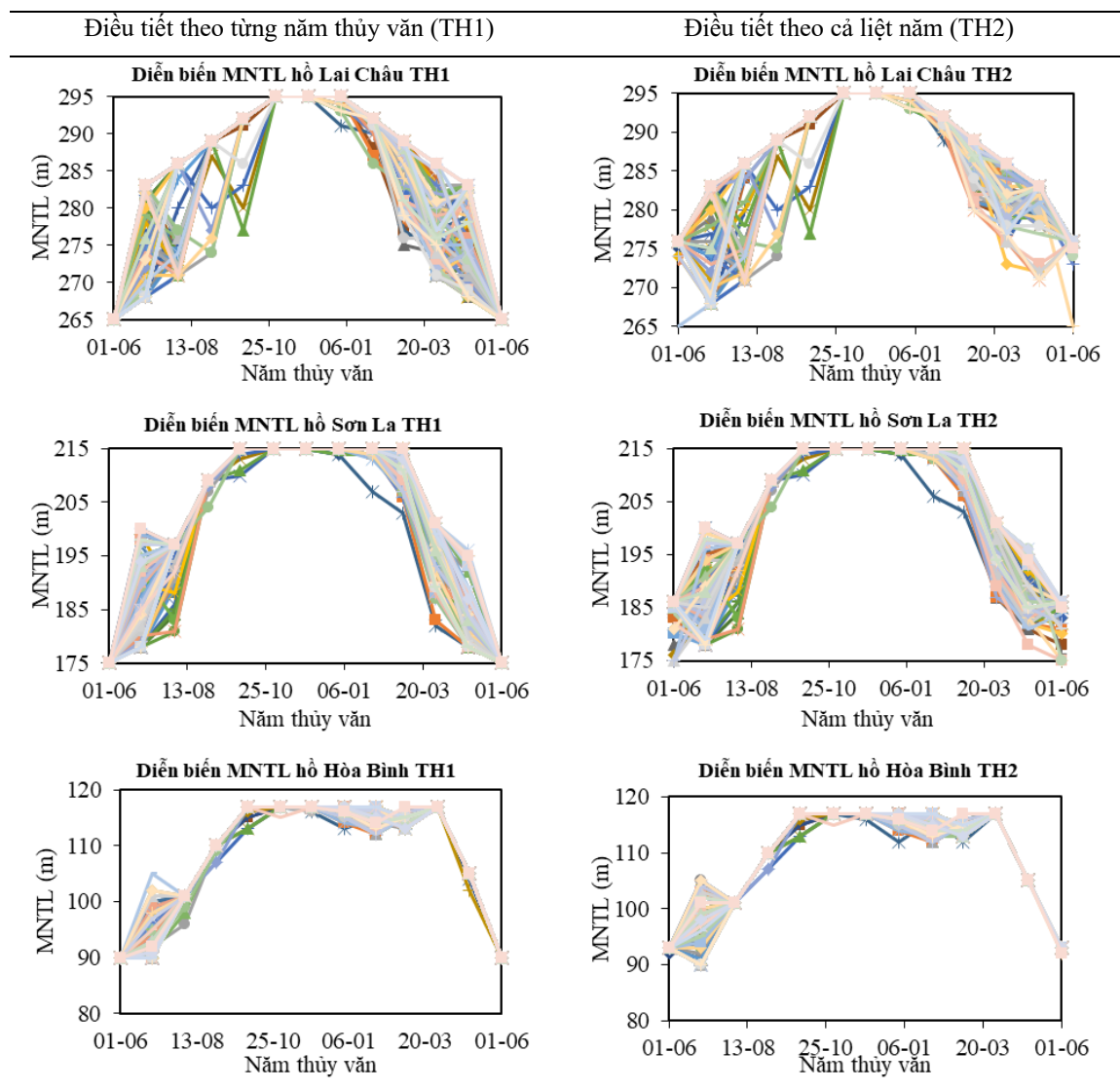
hành, tính toán trong lịch sử, đối với việc biến đổi khí hậu như hiện nay, có thể các cơn lũ sẽ diễn ra cực đoan hơn, hồ Sơn La có thể không thể tham gia phối hợp chống lũ cho Hòa Bình (mưa lớn tại lưu vực khu giữa) như đã xảy ra vào tháng 10 năm 2017. Với trường hợp lắp thêm 2 tổ 240 MW, kết quả chính về điện lượng trung bình nhiều năm điều tiết nhiều năm ba hồ khi thay đổi MNDBT được thể hiện trên Bảng 4.

Kết quả tính toán trong Bảng 4 cũng chỉ ra việc thay đổi MNDBT không chỉ làm thay đổi điện lượng trung bình nhiều năm của NMTĐ Hòa Bình mà làm thay đổi cả điện lượng của NMTĐ Sơn La. Cụ thể khi giảm MNDBT của Hòa Bình thì giảm bớt ảnh hưởng nước dâng thượng lưu Hòa Bình đến mực nước hạ lưu của Sơn La. Do đó điện lượng trung bình của Sơn La được tăng lên hơn 47,96 triệu kWh cho 2m giảm đầu tiên (từ 117 xuống 115m) và 42,3 triệu kWh cho 2m giảm kế tiếp. Điện lượng Sơn La tăng rất ít khi MNDBT Hòa Bình giảm xuống 110m (độ gia tăng chỉ còn 10,28 triệu KWh cho 3m giảm này).

Các kết quả về công suất bảo đảm với tần suất 90% và 95% cùng số giờ lợi dụng công suất lắp máy của NMTĐ Hòa Bình được thể hiện trên Bảng 5. Các kết quả này thể hiện việc đảm bảo an toàn trong cung cấp điện của bậc thang cuối cùng trên sông Đà (gần Hà Nội nhất) và mức độ vận hành thiết bị hàng năm (theo quy định đối với thủy điện điều tiết năm, số giờ lợi dụng công suất lắp máy thường nhỏ hơn 4500 giờ/năm. Số giờ lợi dụng công suất lắp máy hai năm gần đây của NMTĐ Hòa Bình trước khi mở rộng (công suất hiện tại là 1920MW) đang đạt trên 5000 giờ (sản lượng điện hai năm 2017 và 2018 đều trên 10 tỷ kWh).



Bảng 2. So sánh diễn biến mực nước thượng lưu ba hồ theo 02 phương thức điều tiết khác nhau



Bảng 3. Kết quả so sánh điện lượng năm trung nhiều năm các TH điều tiết với hồ sơ thiết kế

| Tên hồ               | Hồ sơ thiết kế<br>triệu kWh | Kết quả TH1<br>triệu kWh | Kết quả TH2<br>triệu kWh | So sánh 2 TH<br>với thiết kế |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Lai Châu             | 4 704                       | 4 647                    | 4 627                    | Giảm                         |
| Sơn La               | 9 282                       | 9 024                    | 9 147                    | Giảm                         |
| Hòa Bình sau mở rộng | 10 984                      | 11 494                   | 11 660                   | Tăng                         |
| Tổng ba hồ           | 24 970                      | 25 165                   | 25 434                   | Tăng                         |

Bảng 4. Điện lượng bình quân năm và mùa kiệt các trường hợp MNDBT Hòa Bình khác 117m

| Các trường hợp MNDBT | Điện lượng trung bình nhiều năm (triệu kWh) |          |           |                     |          |          | Điện lượng năm tổng (tỷ kWh) |
|----------------------|---------------------------------------------|----------|-----------|---------------------|----------|----------|------------------------------|
|                      | Điện lượng năm                              |          |           | Điện lượng mùa kiệt |          |          |                              |
|                      | Hòa Bình                                    | Lai Châu | Sơn La    | Hòa Bình            | Lai Châu | Sơn La   |                              |
| 117m                 | 4 626,77                                    | 9 146,91 | 11 660,38 | 1 356,33            | 3 697,48 | 5 641,80 | 25,43                        |
| 115m                 | 4 626,61                                    | 9 194,87 | 11 553,92 | 1 356,24            | 3 732,54 | 5 489,12 | 25,38                        |
| 113m                 | 4 626,71                                    | 9 237,17 | 11 422,83 | 1 356,22            | 3 772,04 | 5 322,66 | 25,29                        |
| 110m                 | 4 626,52                                    | 9 247,45 | 11 231,72 | 1 356,11            | 3 782,49 | 5 086,67 | 25,11                        |

Bảng 5. Công suất đảm bảo mùa kiệt và  $h_{Nlm}$  các trường hợp MNDBT Hòa Bình khác 117m

| Các trường hợp MNDBT Hòa Bình | Công suất đảm bảo Hòa Bình (MW) |              | Số giờ lợi dụng $N_{lm}$ (giờ/năm) |          |          |
|-------------------------------|---------------------------------|--------------|------------------------------------|----------|----------|
|                               | $N_{mk90\%}$                    | $N_{mk95\%}$ | Lai Châu                           | Sơn La   | Hòa Bình |
| 117m                          | 964,73                          | 941,33       | 3 855,64                           | 3 811,21 | 4 858,49 |
| 115m                          | 933,84                          | 912,39       | 3 855,50                           | 3 831,19 | 4 814,13 |
| 113m                          | 906,42                          | 881,37       | 3 855,59                           | 3 848,82 | 4 759,51 |
| 110m                          | 863,61                          | 840,41       | 3 855,43                           | 3 853,11 | 4 679,88 |

#### 4. Kết luận và kiến nghị

Thủy điện Hòa Bình là một nguồn phát điện lớn nằm rất gần trung tâm phụ tải là thủ đô Hà Nội; là bậc thang dưới cùng trên sông Đà nên vấn đề an toàn phải đặt lên mức cao nhất trong tất cả các thủy điện ở Việt Nam.

Việc phối hợp điều tiết nhiều hồ sẽ cho kết quả vận hành với lượng điện và công suất phát cao hơn nếu từng hồ riêng biệt tự vận hành. Việc nâng công suất Hòa Bình lên sẽ tốt cho cả hệ thống và các tổ máy cũ có khoảng thời gian bảo dưỡng, thay thế hàng năm tốt hơn. Nếu phối hợp

phát điện nhiều năm liên tiếp, kết quả thu được sẽ cao hơn so với phát điện chỉ tính toán riêng từng năm (coi điểm xuất phát đầu và cuối năm trùng nhau).

Các tổ hợp MNTL theo thời gian có thể biểu diễn bằng các hành lang vận hành có 2 hoặc 3 chiều thay cho biểu đồ điều phối từng hồ theo thời gian. Các kết quả tính toán sẽ còn cần được nghiên cứu và tính toán chi tiết hơn để thể hiện rõ thứ tự tích và cấp nước từng hồ trong hệ thống liên hồ phù hợp với mục tiêu phát điện và phòng chống cắt giảm lũ với an toàn hạ du như thế nào.

#### Tài liệu tham khảo

1. Công ty tư vấn xây dựng điện 1 (2004), *Công trình thủy điện Sơn La - Thiết kế kỹ thuật*, Tập 2- Thủy năng kinh tế năng lượng.
2. Hoàng Minh Tuyên (2002), *Đánh giá vai trò của một số hồ chứa lớn thượng nguồn sông Hồng phần Việt Nam trong việc phòng lũ hạ du*, LATTS, Viện Khí tượng thủy văn.
3. Hoàng Thanh Tùng, Hà Văn Khối, Nguyễn Thanh Hải (2013), *Ứng dụng Crystal ball xác định chế độ vận hành tối ưu phát điện cho hồ chứa Thác Bà, Tuyên Quang và bậc thang hồ chứa Sơn La, Hòa Bình có tính đến yêu cầu cấp nước hạ du*, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, vol. 42, pp. 4-11.
4. Hồ Ngọc Dung (2017), *Nghiên cứu cơ sở khoa học vận hành tối ưu hệ thống bậc thang hồ chứa thủy điện trên sông Đà trong mùa cạn*, LATTS, Đại học Thủy lợi.
5. Nandalal, K.D.W., Bogardi, J.J. (2007), *Dynamic programming based operation of reservoirs: Applicability and limits*, Cambridge University Press, United Kingdom.

6. Thủ tướng chính phủ (2016), *Quyết định số 389/QĐ-TTg, ngày 11 tháng 4 năm 2016 về việc phê duyệt chủ trương đầu tư dự án nhà máy thủy điện Hòa Bình mở rộng.*

7. Thủ tướng chính phủ (2019), *Quyết định số 878/QĐ-TTg ngày 19 tháng 6 năm 2019 về việc ban hành Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Hồng.*

## STUDY ON METHODS OF GENERATING OPERATION COMBINATION AFTER EXPANDING HOA BINH HPP

Phan Tran Hong Long<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Civil Engineering, Thuyloi University

**Abstract:** *Hoa Binh HPP is the last cascade in the reservoirs system on the Da River and it is expected to expand its capacity up to 2400MW. The study carried out research on the operation combination of the three reservoirs in the Da River basin with the greatest electricity target while still ensuring the water level and flow requirements is a problem that needs to be solved. The mathematical model used a dynamic programming method that calculates for 110 hydrology-years of the three reservoirs in the Da River basin, that is Lai Chau, Son La and Hoa Binh. The results have shown the degree of combination of the upstream water levels of three reservoirs to solve the required objective function.*

**Keywords:** *Generating combination, Dynamic programming Hoa Binh HPP extension, Black River.*