

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

HOÀNG MINH HIẾU

**NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN CHẾ ĐỘ VẬN HÀNH
TỐI ƯU NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN A VƯƠNG**

**Chuyên ngành: Mạng và Hệ thống điện
Mã số: 60.52.50**

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Đà Nẵng – Năm 2011

**Công trình được hoàn thành tại
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS. ĐINH THÀNH VIỆT

Phản biện 1: PGS. TS Nguyễn Hoàng Việt

Phản biện 2: TS Lê Kỳ

Luận văn sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 11 tháng 6 năm 2011.

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại học Đà Nẵng.
- Trung tâm Học liệu, Đại học Đà Nẵng.

MỞ ĐẦU

I. Lý do chọn đề tài

Nhà máy thủy điện A Vương nằm trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn thuộc huyện Đông Giang, tỉnh Quảng Nam. Đặc điểm thủy văn của hệ thống sông Vu Gia- Thu Bồn là sự phân phối dòng chảy giữa các tháng trong năm không đều, bất lợi, nguồn nước tập trung chủ yếu vào mùa mưa (từ tháng Chín đến tháng Giêng năm sau), mùa mưa trùng với mùa lũ bão, nên thường gây lũ lụt, ngập úng ở nhiều vùng; mùa khô mưa ít (từ tháng Tư đến tháng Tám), dòng chảy cạn kiệt, thường gây hạn hán nặng, mặn xâm thực, ảnh hưởng đến việc cung cấp nước cho tưới tiêu, sinh hoạt và công nghiệp.

Đặc biệt trong những năm gần đây xảy tình trạng thiếu hụt mưa trong các tháng mùa khô, dẫn đến các con sông thuộc hệ thống sông Vu Gia- Thu Bồn cạn dần, khiến nước mặn xâm nhập sâu vào đất liền, làm tê liệt các trạm bơm nông nghiệp cũng như các nhà máy nước sinh hoạt.

Công trình thủy điện A Vương được xây dựng với nhiệm vụ chủ yếu là tạo nguồn cung cấp điện cho Quốc gia và từ sau năm 2010 tạo nguồn cung cấp nước và làm giảm lũ cho khu vực hạ lưu.

Xuất phát từ các đặc điểm nêu trên, vấn đề: ” *Nghiên cứu tính toán vận hành tối ưu nhà máy thủy điện A Vương sao cho đảm bảo cân đối giữa doanh thu phát điện và nhiệm vụ đảm bảo nguồn cấp nước cho hạ du trong các tháng mùa kiệt*” cần được giải quyết.

Mục đích của đề tài là tính toán vận hành nhà máy thủy điện A Vương sao cho đảm bảo đạt doanh thu tối đa, kết hợp với nhiệm vụ cấp nước cho hạ du trong các tháng mùa kiệt.

II. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu của đề tài là: Nhà máy thủy điện A Vương.
- Phạm vi nghiên cứu: Kế hoạch vận hành tối ưu nhà máy thủy điện A Vương.

III. Mục tiêu và nhiệm vụ nghiên cứu

Theo kết quả vận hành của nhà máy thủy điện A Vương trong năm 2009 thì cả ba tháng mùa khô là tháng 5, 6, 7 nhà máy phải vận hành ở vùng hạn chế cấp điện (dưới đường hạn chế công suất).

Xuất phát từ những lý do nêu trên, cần nghiên cứu tính toán đường cong vận hành tối ưu phục vụ cho công tác vận hành nhà máy thủy điện A Vương khi tham gia thị trường điện và phải đáp ứng nhu cầu cấp nước cho vùng hạ du.

IV. Tên đề tài

Căn cứ mục đích, đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu. Đề tài được đặt tên: “Nghiên cứu, tính toán chế độ vận hành tối ưu nhà máy thủy điện A Vương”

V. Bố cục luận văn

Ngoài các phần mở đầu và kết luận kiến nghị, nội dung đề tài dự tính được biên chế thành 5 chương:

Chương 1: Giới thiệu chung.

Chương 2: Tình hình Điện năng và thị trường điện Việt Nam.

Chương 3: Mô hình vận hành tối ưu nhà máy thủy điện.

Chương 4: Lập kế hoạch vận hành tối ưu nhà máy thủy điện

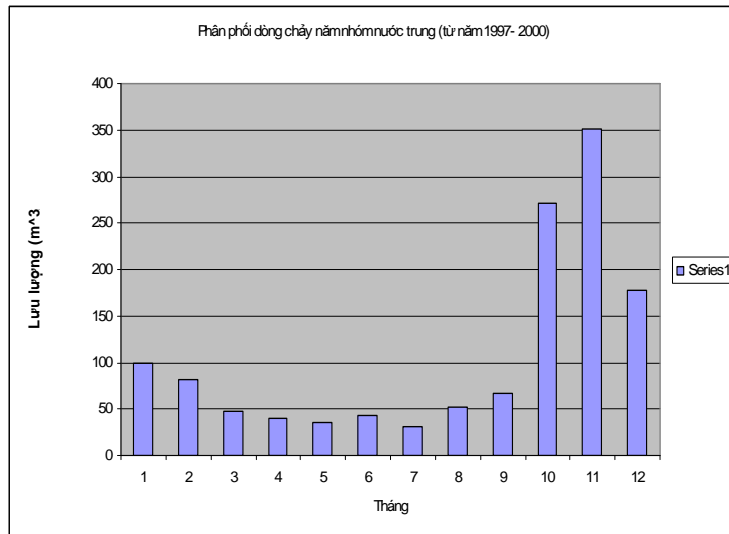
Chương 5: Xây dựng chương trình tính vận hành tối ưu nhà máy thủy điện A Vương.

Chương 1

GIỚI THIỆU CHUNG

1.1. Giới thiệu chung, đặt vấn đề

Hệ thống sông Vu Gia- Thu Bồn có lượng dòng chảy dồi dào nhưng phân bố không đều, lượng nước tập trung chủ yếu vào mùa mưa; Mùa khô mưa ít, dòng chảy cạn kiệt, thể hiện ở Hình 1.1.



Hình 1.1: Biểu đồ phân phối dòng chảy năm nhóm năm nước trung bình tổng hợp từ số liệu đo tại trạm Thạnh Mỹ từ năm 1997-2000

(nguồn Viện Khoa học Thủy lợi khu vực miền Trung và Tây Nguyên).

1.2. Tổng quan về nhà máy thủy điện A Vương

Nhà máy thủy điện A Vương có công suất 210MW gồm 2 tổ máy, là Nhà máy kiểu hở, nằm trên bờ sông Bung thuộc huyện Đông

Giang, tỉnh Quảng Nam cách thành phố Đà Nẵng khoảng 100km về phía Tây theo đường giao thông. Là nhà máy thủy điện có công suất lớn được xây dựng và đưa vào vận hành đầu tiên trên hệ thống các NMTĐ trên sông Vu Gia - Thu Bồn.

Nhiệm vụ chính của công trình: Cung cấp điện năng lên lưới quốc gia với công suất lắp máy 210MW, điện lượng trung bình năm 815 triệu kWh. Ngoài ra công trình còn tham gia hạn chế lũ và tạo nguồn nước cho hạ du.

1.2.1. Đặc điểm tự nhiên

1.2.2. Đặc điểm địa hình lưu vực sông Vu Gia- Thu Bồn

1.2.3. Đặc điểm khí hậu lưu vực sông Vu Gia- Thu Bồn

1.2.3.1. Chế độ nhiệt

1.2.3.2. Chế độ mưa

1.2.3.3. Chế độ mưa

1.2.4. Đặc điểm thủy văn lưu vực sông Vu Gia- Thu Bồn

1.3. Thông số kỹ thuật chính của nhà máy Thủy điện A Vương

1.4. Kết luận

Nhà máy thủy điện A Vương là công trình thủy điện nằm trên lưu vực sông Vu Gia- Thu Bồn thuộc huyện Đông Giang, tỉnh Quảng Nam. Do đặc điểm thủy văn biến đổi mạnh theo mùa như đã nêu trên, rất khó khăn cho việc vận hành tối ưu nhà máy nên phạm vi của luận văn giải quyết bài toán vận hành tối ưu đảm bảo cân đối doanh thu tối đa, đồng thời đảm bảo được nhu cầu nước cho vùng hạ du trong các tháng mùa kiệt.

Chương 2

TÌNH HÌNH ĐIỆN NĂNG VÀ THỊ TRƯỜNG PHÁT ĐIỆN CẠNH TRANH VIỆT NAM

2.1. Nhu cầu điện năng và khả năng cung cấp

2.2. Tình hình sản xuất điện

2.3. Nguồn thủy điện trong hệ thống điện Việt Nam

Thủy điện đóng vai trò quan trọng trong hệ thống nguồn điện Việt Nam, luôn chiếm tỉ trọng lớn trong toàn bộ cơ cấu sản xuất điện. Trong giai đoạn 1990-2002, tỉ lệ này thay đổi theo từng năm, cao nhất đạt 75 % năm 1994 và thấp nhất là 51 % năm 1998. Trong các năm gần đây do các nguồn thủy điện mới đưa vào vận hành ít và các nhà máy nhiệt điện mới đưa vào vận hành có công suất lớn nên tỷ trọng của thủy điện trong cơ cấu công suất đặt có xu hướng giảm xuống. Tỷ trọng này giảm từ 51.9 % năm 2000 xuống còn 32.8% năm 2008.

Tiềm năng lý thuyết về thủy điện trên tất cả các hệ thống sông của Việt Nam khoảng 300 tỉ kWh/năm, trong đó lưu vực sông Hồng là 122 tỉ kWh/năm (chiếm 41% tiềm năng lý thuyết), sông Đồng Nai 27,35 tỉ kWh/năm (chiếm 9%) và sông Sêsan 16,46 tỉ kWh/năm (chiếm 6%). Trên toàn quốc, một số lưu vực sông có tiềm năng thủy điện lớn như sông Đà, sông Đồng Nai, Sêsan, Srepok, sông Ba, sông Vu Gia - Thu Bồn, sông Lô - Gâm, sông Mã và sông Cả. Trong đó lớn nhất là lưu vực sông Đà, khoảng 7.800 MW, sông Sesan là 4.000 MW và sông Đồng Nai khoảng 1.900 MW. Ngoài ra, trên các lưu vực sông, suối nhỏ khác có thể khai thác thủy điện nhỏ với trữ năng kinh tế có thể đạt tới 16 tỉ kWh/năm.

2.4. Thị trường phát điện cạnh tranh Việt Nam

2.4.1. Thị trường điện Việt Nam hiện nay

2.4.1.1. Ưu điểm

2.4.1.2. Nhược điểm

2.4.2. Thị trường điện cạnh tranh

2.4.2.1. Thị trường phát điện cạnh tranh

2.4.2.2. Thị trường bán buôn cạnh tranh

2.4.2.3. Thị trường bán lẻ cạnh tranh

2.4.3. Chuyển sang mô hình thị trường cạnh tranh là tất yếu

2.4.4. Cơ sở pháp lý xây dựng thị trường phát điện cạnh tranh Việt Nam

2.4.5. Lộ trình xây dựng thị trường phát điện cạnh tranh Việt Nam

Xây dựng thị trường phát điện cạnh tranh là cấp độ đầu tiên trong lộ trình hình thành thị trường điện lực hoàn chỉnh tại Việt Nam, bao gồm 3 cấp độ:

- Cấp độ 1 (2005- 2014): thị trường phát điện cạnh tranh;
- Cấp độ 2 (2015- 2022): thị trường bán buôn cạnh tranh;
- Cấp độ 3 (từ sau 2022): thị trường bán lẻ cạnh tranh;

Trong đó, thị trường phát điện cạnh tranh Việt Nam được xây dựng theo 2 giai đoạn:

2.4.5.1. Bước 1- Cấp độ 1: Thị trường phát điện cạnh tranh thí điểm (từ năm 2005 đến năm 2008)

2.4.5.2. Bước 2- Cấp độ 2: Thị trường phát điện cạnh tranh hoàn chỉnh (từ năm 2009 đến năm 2014):

2.4.6. Mục tiêu của thị trường phát điện cạnh tranh Việt Nam

2.4.6.1. Cơ cấu và nguyên tắc hoạt động của thị trường:

a). Cơ cấu của thị trường:

b). Nguyên tắc hoạt động của thị trường:

2.4.6.2. Các cơ chế hoạt động của thị trường:

a). Cơ chế hợp đồng mua bán điện trong thị trường:

b). Cơ chế vận hành của thị trường điện giao ngay:

c). Cơ chế giá công suất thị trường:

2.5. Kết luận

Giai đoạn đầu của thị trường điện cạnh tranh là phát điện cạnh tranh, chỉ có Công ty Mua bán điện là đơn vị mua điện duy nhất từ các công ty bán điện dưới hai hình thức hợp đồng: dài hạn và giao ngay. Giá bán điện trong hợp đồng dài hạn được đàm phán trước và có điều chỉnh hàng năm, giá bán điện trong hợp đồng giao ngay được xác định hằng ngày trên cơ sở giá chào của các nhà máy và nhu cầu phụ tải.

Yếu tố có ý nghĩa quyết định đối với giá điện trong thị trường cạnh tranh là cơ sở xác định giá mua bán điện và các cơ chế điều chỉnh trong điều kiện thiếu thông tin, nó có ý nghĩa thực tiễn đối với thị trường điện cạnh tranh, vì các lý do sau:

+ Cung cấp cho cơ quan quản lý thị trường phương pháp xác định giá điện trên thị trường.

+ Bảo đảm an ninh năng lượng quốc gia, giảm thiểu rủi ro nhờ kiểm soát được giá điện trong phạm vi cho phép.

+ Cung cấp cho các công ty bán điện phương pháp xác định chiến lược chào giá khi đàm phán các hợp đồng bán điện để đạt lợi nhuận hợp lý, giảm thiểu rủi ro.

Chương 3

MÔ HÌNH VẬN HÀNH TỐI ƯU NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN

3.1. Hàm mục tiêu

Trong thị trường điện, các công ty phát điện mong muốn đạt được mục tiêu tối đa doanh thu khi tham gia thị trường. Hàm mục tiêu của bài toán vận hành tối ưu nhà máy thủy điện như sau:

$$f = \text{maximize} \sum_{t=1}^T [\lambda^t (P^t \cdot \Delta t)] \quad (3.1)$$

Trong đó:

- λ^t là giá điện dự báo thanh toán của thị trường cho chu kỳ t (đ/MWh) xem như đã biết trước;
- P^t là công suất của nhà máy thủy điện trong chu kỳ t (MW);
- T là số chu kỳ khảo sát.

3.2. Các ràng buộc

3.2.1. Phương trình cân bằng nước của hồ chứa

3.2.2. Giới hạn dung tích hồ chứa

3.2.3 Giới hạn lưu lượng qua turbine của tổ máy thủy lực

3.2.4. Ràng buộc về giới hạn công suất phát của tổ máy thủy lực

3.2.5. Ràng buộc về lưu lượng tối thiểu để đảm bảo nhu cầu nước hạ lưu phục vụ sinh hoạt và tưới tiêu

3.3. Kế hoạch vận hành tối ưu nhà máy thủy điện

3.3.1. Kế hoạch vận hành tối ưu dài hạn (kế hoạch hàng năm)

Mục tiêu của kế hoạch vận hành tối ưu dài hạn là đạt được doanh thu cực đại trong toàn chu kỳ kế hoạch. Trong chu kỳ kế hoạch này, mục tiêu của công ty phát sẽ đưa ra được các quyết định về lượng nước sẽ tích trữ trong hồ chứa và lưu lượng nước phát điện tối ưu trong từng bước khảo sát của chu kỳ (thông thường bước khảo sát là một tuần). Doanh thu trong mỗi chu kỳ kế hoạch được tính toán

bằng cách nhân tổng điện năng với giá thị trường. Công ty phát điện cần dự báo chính xác giá thị trường trong toàn khoảng thời gian kế hoạch để đạt được lợi nhuận từ việc bán giá cao.

Những dữ liệu lịch sử của dòng chảy tự nhiên về hồ chứa có thể được dùng để hình thành những dự đoán dòng chảy của riêng hồ và của công ty phát.

Thông số đầu vào chính của kế hoạch vận hành tối ưu dài hạn là giá thị trường điện, các thông số đầu vào khác của hồ chứa (dung tích, cột nước hồ chứa...) trong kế hoạch này thường bắt đầu từ tháng đầu tiên của khoảng thời gian kế hoạch.

3.2.1. Kế hoạch vận hành tối ưu ngắn hạn (kế hoạch hằng tuần, ngày)

Kế hoạch vận hành tối ưu ngắn hạn bao gồm kế hoạch vận hành hằng ngày và kế hoạch vận hành hằng tuần. Mục tiêu của công ty phát trong kế hoạch này là xác định sản lượng điện năng hằng giờ và diễn biến của hồ chứa phù hợp với những biến đổi của giá thị trường và dòng chảy tự nhiên dự báo.

Kế hoạch vận hành tối ưu ngắn hạn được dùng cho tính toán sơ bộ để chuẩn bị chào giá cạnh tranh trong thị trường.

3.4. Kết luận

Chương 3 đã trình bày các nội dung chính về kế hoạch vận hành tối ưu nhà máy thủy điện. Kế hoạch vận hành tối ưu dài hạn nhằm mục đích xác định dung tích nước tối ưu sẽ tích trữ trong hồ chứa và lưu lượng nước phát điện tối ưu trong từng tháng của chu kỳ kế hoạch. Kế hoạch vận hành tối ưu ngắn hạn nhằm mục đích xác định sản lượng điện năng hằng tuần, hằng ngày và diễn biến của hồ chứa phù hợp với những biến đổi của giá thị trường và dòng chảy tự nhiên dự báo.

Chương 4

LẬP KẾ HOẠCH VẬN HÀNH TỐI ƯU NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN

Kế hoạch vận hành tối ưu dài hạn xét cho chu kỳ một năm với bước thời gian là 1 tháng và kế hoạch vận hành ngắn hạn xét cho chu kỳ 1 ngày với bước thời gian là 1 giờ. Sau đây gọi là kế hoạch vận hành năm và kế hoạch vận hành ngày.

4.1 Kế hoạch vận hành năm, bước thời gian 1 tháng

4.1.1 Hàm mục tiêu

$$f = \text{maximize} \sum_{t=1}^T [\lambda^t (P^t \cdot \Delta t)] \quad (4.1)$$

4.1.2 Dữ liệu đầu vào

Dữ liệu đầu vào của kế hoạch vận hành tối ưu năm bao gồm các thông số sau:

- λ^t là giá điện dự báo của thị trường từng tháng t (đ/MWh), xem như đã được dự báo biết trước;
- Lưu lượng trung bình nước tự nhiên chảy về hồ từng tháng (m^3/s). Đối với kế hoạch vận hành tối ưu năm, dòng chảy tự nhiên về hồ biến đổi đôi rất mạnh trong các năm khác nhau và mang tính ngẫu nhiên rất cao, rất khó dự báo chính xác. Do đó, dựa trên chuỗi dữ liệu thủy văn của hồ chứa trong lịch sử để tìm ra dòng chảy năm có tần suất trung bình để làm dữ liệu tính toán.
- V_0 (m^3) là dung tích ban đầu của năm khảo sát (m^3).

4.1.3 Các ràng buộc

Bài toán kế hoạch vận hành tối ưu năm bao gồm các ràng buộc sau:

- Phương trình cân bằng nước:

$$V^{t+1} = V^t + \Delta t \cdot (Q_{ve}^t - Q^t - Q_s^t) \quad (4.2)$$

- Ràng buộc về dung tích hồ chứa:

$$\underline{V} \leq V^t \leq \bar{V} \quad (4.3)$$

- Ràng buộc về lưu lượng qua turbine của của tổ máy phát thủy lực:

$$\underline{Q} \leq Q^t \leq \bar{Q} \quad (4.4)$$

- Ràng buộc về giới hạn công suất phát của tổ máy phát thủy lực:

$$\underline{P} \leq P^t \leq \bar{P} \quad (4.5)$$

- Ràng buộc về lưu lượng tối thiểu để đảm bảo nhu cầu nước hạ lưu phục vụ sinh hoạt và tưới tiêu trong các tháng mùa kiệt:

$$Q^t \geq Q_{yc}^t \quad (4.6)$$

- Ràng buộc về mức nước mục tiêu của tháng 12 để đảm bảo cấp nước trong mùa kiệt trong năm tiếp theo:

$$V^{t=12} \geq V_f \quad (4.7)$$

4.1.4 Thông số đầu ra

Đầu ra của kế hoạch vận hành tối ưu năm sẽ bao gồm các thông số sau:

- Dung tích (m³) và mức nước (m) cuối từng tháng trong năm khảo sát;
- Công suất phát trung bình (MW) và sản lượng điện năng (MWh) từng tháng trong năm khảo sát.

4.2 Kế hoạch vận hành tối ưu ngày, bước thời gian 1 giờ

4.2.1 Hàm mục tiêu

$$f = \text{maximize} \sum_{t=1}^T [\lambda_t (P_t \cdot \Delta t)] \quad (4.8)$$

4.2.2. Dữ liệu đầu vào

Dữ liệu đầu vào của kế hoạch vận hành tối ưu ngày bao gồm các thông số sau:

- λ^t là giá điện dự báo của thị trường giờ thứ t của ngày khảo sát (đ/MWh), xem như đã được dự báo biết trước;
- Lưu lượng trung bình nước tự nhiên chảy về hồ từng giờ trong ngày khảo sát (m³/s). Đối với kế hoạch vận hành tối ưu ngày, dòng chảy tự nhiên về hồ được dự báo bởi cơ quan khí

tượng thủy văn và xem như đã biết.

V_0 (m³) là dung tích hồ chứa của giờ đầu tiên trong ngày khảo sát

4.2.3 Các ràng buộc

Bài toán kế hoạch vận hành tối ưu ngày bao gồm các ràng buộc sau:

- Phương trình cân bằng nước:

$$V^{t+1} = V^t + \Delta t \cdot (Q_{ve}^t - Q^t - Q_s^t) \quad (4.9)$$

- Ràng buộc về dung tích hồ chứa:

$$\underline{V} \leq V^t \leq \bar{V} \quad (4.10)$$

Trong đó:

- Ràng buộc về lưu lượng qua turbine của tổ máy thủy lực:

$$\underline{Q} \leq Q^t \leq \bar{Q} \quad (4.11)$$

- Ràng buộc về giới hạn công suất phát của tổ máy thủy lực:

$$\underline{P} \leq P^t \leq \bar{P} \quad (4.12)$$

- Ràng buộc về mức nước mục tiêu ở thời điểm t=24 để đảm bảo ràng buộc mức nước mục tiêu cuối ngày theo yêu cầu của Công ty phát:

$$V^{t=24} \geq V_f \quad (4.13)$$

4.2.4 Các thông số đầu ra

Đầu ra của kế hoạch vận hành tối ưu ngày sẽ bao gồm các thông số sau:

- Dung tích (m³) và mức nước (m) từng giờ trong ngày;
- Công suất phát (MW) và sản lượng điện năng (MWh) từng giờ trong ngày.

4.3. Kết luận

Chương 4 đã trình bày các nội dung chính về lập kế hoạch vận hành tối ưu năm và tối ưu ngày nhà máy thủy điện. Các dữ liệu đầu vào, các ràng buộc và các thông số đầu ra đã được giới thiệu chi tiết nhằm phục vụ cho việc lập chương trình tính toán vận hành tối ưu nhà máy thủy điện trong chương 5.

Chương 5

XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN VẬN HÀNH TỐI ƯU NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN A VƯƠNG KHI THAM GIA THỊ TRƯỜNG PHÁT ĐIỆN CẠNH TRANH

5.1. Thuật giải di truyền và các phép toán di truyền

5.1.1. Mã hoá các biến quyết định

5.1.2. Giải mã các biến quyết định

5.1.3. Thực hiện các ràng buộc

5.1.4. Hàm lượng giá

5.1.5. Quá trình chọn lọc

5.1.6. Quá trình lai ghép

5.1.7. Quá trình đột biến

5.2. Xây dựng chương trình tính toán vận hành tối ưu năm, bước thời gian khảo sát là một tháng

5.2.1 Hàm mục tiêu

$$f = \text{maximize} \sum_{t=1}^T [\lambda^t (P^t \cdot \Delta t)] \quad (5.11)$$

5.2.2. Dữ liệu đầu vào

Dữ liệu đầu vào của kế hoạch vận hành tối ưu năm bao gồm các thông số sau:

- Giá điện dự báo của thị trường λ^t trong 12 tháng của năm
- Lưu lượng trung bình nước tự nhiên chảy về hồ từng tháng (m^3/s). Căn cứ chuỗi dữ liệu thủy văn của hồ chứa A Vương từ năm 1997 đến năm 2010, nhận thấy dòng chảy năm 1987 là năm ứng với tần suất nước tự nhiên về hồ trung bình, tần suất 50%. Do đó, chọn chuỗi dòng chảy tự nhiên năm 1987 làm dòng chảy tự nhiên về hồ cho mô hình bài toán.

- V_0 (m^3) là dung tích ban đầu của năm khảo sát.

5.2.3. Các ràng buộc

- Phương trình cân bằng nước:

$$V^{t+1} = V^t + \Delta t \cdot (Q_{ve}^t - Q^t - Q_s^t) \quad (5.12)$$

- Ràng buộc về dung tích hồ chứa:

$$\underline{V} \leq V^t \leq \bar{V} \quad (5.13)$$

Trong đó:

- $\underline{V} = 266,48 \times 10^6$ (m^3) là dung tích chết của hồ chứa;
- $\bar{V} = 343,55 \times 10^6$ (m^3) là dung tích toàn bộ của hồ chứa;
- Ràng buộc về lưu lượng qua turbine của tổ máy phát thủy lực:

$$\underline{Q} \leq Q^t \leq \bar{Q} \quad (5.14)$$

Trong đó:

- Q^t (m^3/s) là lưu lượng nước (trung bình) tháng t qua turbine của tổ máy phát thủy lực;
- $\underline{Q} = 12,31$ (m^3/s) là lưu lượng nước cực tiểu qua turbine của tổ máy phát thủy lực;
- $\bar{Q} = 38,70$ (m^3/s) là lưu lượng nước cực đại qua turbine của tổ máy phát thủy lực;
- Ràng buộc về giới hạn công suất phát của tổ máy phát thủy lực:

$$\underline{P} \leq P^t \leq \bar{P} \quad (5.15)$$

Trong đó:

- $P^t = 9,81 \times 10^{-3} \eta^t Q^t H^t$ (kW) là công suất phát (trung bình) tháng t của tổ máy phát thủy lực; Với: η^t , Q^t , H^t lần lượt là hiệu suất (trung bình) tháng t của tổ máy phát thủy lực, lưu lượng nước (trung bình) tháng t qua turbine tổ máy phát và cột nước tính toán (trung bình) tháng t của nhà máy.
- $\underline{P} = 70$ (MW) là giới hạn công suất phát cực tiểu của tổ máy phát thủy lực;

- $\bar{P} = 105$ (MW) là giới hạn công suất phát cực đại của tổ máy phát thủy lực;

- Ràng buộc về lưu lượng tối thiểu để đảm bảo nhu cầu nước hạ lưu phục vụ sinh hoạt và tưới tiêu trong các tháng mùa kiệt:

$$Q^t \geq Q_{yc} \quad (5.16)$$

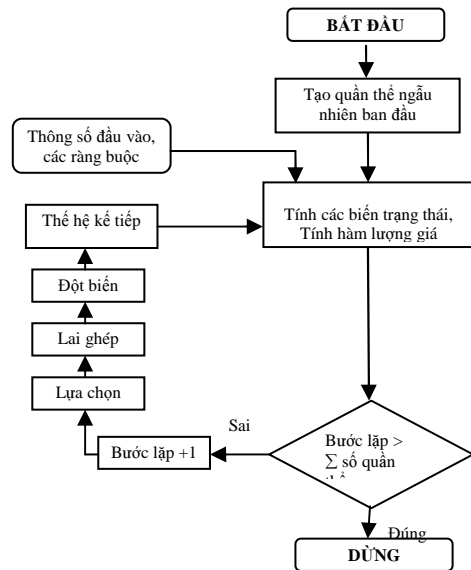
Trong đó: Q_{yc} là lưu lượng yêu cầu cấp nước cho hạ lưu (m^3/s).

- Ràng buộc về mức nước mục tiêu của tháng 12 để đảm bảo cấp nước trong mùa kiệt trong năm tiếp theo:

$$V^{t=12} \geq V_f \quad (5.17)$$

Trong đó: $V_f = V_{max} = 343,55 \times 10^6$ (m^3) là dung tích mục tiêu cuối tháng 12 (bằng với dung tích toàn bộ của hồ chứa).

5.2.4. Xây dựng thuật toán



Hình 5.5: Sơ đồ thuật toán chương trình

5.2.5. Xây dựng bài toán vận hành tối ưu năm dựa trên thuật toán di truyền

5.2.5.1. Biến quyết định của bài toán

5.2.5.2. Biến trạng thái của bài toán

5.2.5.3. Hàm lượng giá

- **Hàm mục tiêu**

$$f = \text{maximize} \sum_{t=1}^T [\lambda^t (P^t \cdot \Delta t)]$$

- **Các hàm phạt**

- Hàm phạt HPhatQ: Không đảm bảo cấp nước đầy đủ cho hạ lưu nhằm phục vụ cho nhu cầu tưới tiêu, sinh hoạt, công nghiệp:

$$HPhatQ = \frac{1}{2\tau} \sum_{j=1}^m (Q^t - Q_{yc}^t)^2$$

Với: $\tau_0 = 1, \tau_{j+1} = 0,1\tau_j, j$ là số bước lặp.

- Hàm phạt HphatV1: Nếu dung tích vượt dung tích toàn bộ của hồ:

$$HPhatV1 = \frac{1}{2\tau} \sum_{j=1}^m (\bar{V} - V^t)^2$$

- Hàm phạt HphatV2: Nếu dung tích nhỏ hơn dung tích chết của hồ:

$$HPhatV2 = \frac{1}{2\tau} \sum_{j=1}^m (V - V^t)^2$$

- Hàm phạt HphatP1: Nếu công suất phát nhỏ hơn công suất nhỏ nhất cho phép P_{min} của tổ máy phát:

$$HPhatP1 = \frac{1}{2\tau} \sum_{j=1}^m (P_{min} - P^t)^2$$

- Hàm phạt HphatP2: Nếu công suất phát lớn hơn công suất cực đại cho phép P_{max} của tổ máy phát:

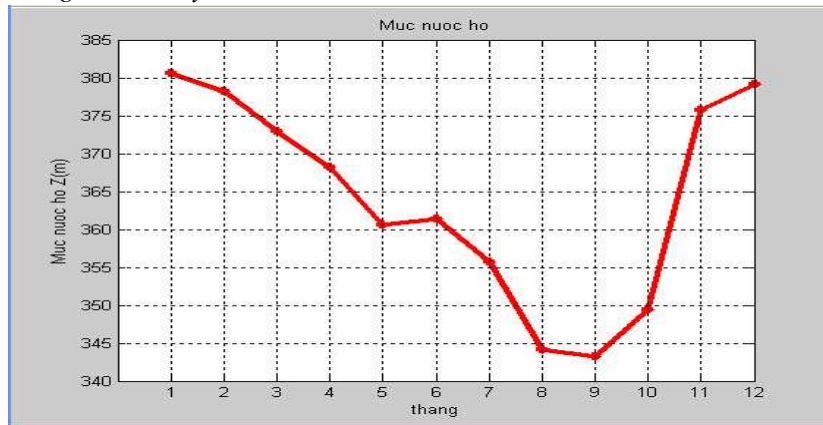
$$H_{\text{PhatP2}} = \frac{1}{2\tau} \sum_{j=1}^m (P_{\text{max}} - P^t)^2$$

- Hàm phạt H_{PhatV3} : Nếu dung tích của tháng 12 không đạt dung tích mục tiêu:

$$H_{\text{PhatV3}} = \frac{1}{2\tau} \sum_{j=1}^m (V_f - V^{12})^2$$

5.2.6. Kết quả tính toán

5.2.6.1. Diễn biến mức nước hồ chứa tính toán được trong 12 tháng của chu kỳ khảo sát



5.2.6.2. Diễn biến dung tích hồ chứa hồ chứa tính toán được trong 12 tháng của chu kỳ khảo sát

5.2.6.3. Lưu lượng phát điện trung bình tháng

5.3. Xây dựng chương trình vận hành tối ưu ngày bước thời gian 1 giờ

5.3.1 Hàm mục tiêu

$$f = \text{maximize} \sum_{t=1}^T [\lambda^t (P^t \cdot \Delta t)] \quad (5.18)$$

5.3.1.1. Dữ liệu đầu vào

Dữ liệu đầu vào của kế hoạch vận hành tối ưu ngày bao gồm

các thông số sau:

- Giá điện dự báo của thị trường λ^t trong ngày khảo sát.
- Lưu lượng trung bình nước tự nhiên chảy về hồ từng giờ (m^3/s), được Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn tỉnh Quảng Nam dự báo.
- V_0 (m^3) là dung tích của tại lúc 0 giờ của ngày khảo sát.

5.3.1.2. Các ràng buộc

- Phương trình cân bằng nước:

$$V^{t+1} = V^t + \Delta t \cdot (Q_{ve}^t - Q^t) \quad (5.19)$$

Trong đó: Δt là số giây trong một giờ.

Trong đó:

- V^t là dung tích hồ đầu giờ t (m^3),
- V^{t+1} là dung tích hồ cuối giờ t (m^3),
- Q_{ve}^t (m^3/s) là lưu lượng nước chảy vào hồ trong khoảng Δt ,
- Q^t (m^3/s) là lưu lượng nước phát điện giờ t .

- Ràng buộc về dung tích hồ chứa:

$$\underline{V} \leq V^t \leq \bar{V} \quad (5.20)$$

Trong đó:

- \underline{V} (m^3) là dung tích chết của hồ chứa;
- \bar{V} (m^3) là dung tích toàn bộ của hồ chứa;

- Ràng buộc về lưu lượng qua turbine của tổ máy thủy lực:

$$Q \leq Q^t \leq \bar{Q} \quad (5.21)$$

Trong đó:

- Q^t (m^3/s) là lưu lượng nước qua turbine của tổ máy phát thủy lực thời điểm t ;
- \bar{Q} (m^3/s) là lưu lượng nước cực tiểu cho phép qua turbine của tổ máy phát thủy lực;

- \bar{Q} (m³/s) là lưu lượng nước cực đại cho phép qua turbine của tổ máy phát thủy lực;

- Ràng buộc về giới hạn công suất phát của tổ máy thủy lực:

$$\underline{P} \leq P^t \leq \bar{P} \quad (5.22)$$

Trong đó:

- $P^t = 9,81 \times 10^{-3} \eta^t Q^t H^t$ (kW) là công suất phát thời điểm t của tổ máy phát thủy lực; Với: η^t , Q^t , H^t lần lượt là hiệu suất ở thời điểm t của tổ máy phát thủy lực, lưu lượng nước ở thời điểm t qua turbine tổ máy phát và cột nước tính toán ở thời điểm t của hồ chứa.
- $\underline{P} = 70$ (MW) là giới hạn công suất phát cực tiểu của tổ máy phát thủy lực;
- $\bar{P} = 105$ (MW) là giới hạn công suất phát cực đại của tổ máy phát thủy lực;

- Ràng buộc về mức nước mục tiêu ở thời điểm t=24 để đảm bảo ràng buộc mức nước mục tiêu cuối ngày theo yêu cầu của Công ty phát:

$$V^{t=24} \geq V_f \quad (5.23)$$

Trong đó: V_f là dung tích mục tiêu ở thời điểm t=24 (m³/s), thông số này được xác định theo yêu cầu của Công ty phát.

5.3.2. Mô hình và chương trình tính toán:

5.3.2.1. Công suất phát của tổ máy thủy lực:

Công suất phát của tổ máy thủy lực được tính theo biểu thức sau:

$$P^t = 9,81 \cdot \eta^t \cdot Q^t \cdot H^t$$

Trong thực tế, với mỗi chiều cao cột nước, đặc tính vận hành của tổ máy thủy lực là một hàm phi tuyến và bị cấm vận hành ở vùng công suất thấp.

Thông thường tổ máy thủy lực được vận hành ở chế độ hiệu suất lớn nhất hoặc chế độ mở cánh hướng cực đại.

Trong quá trình tính toán, để thuận lợi chuyển đường đặc tính vận hành của tổ máy thành các đoạn thẳng tương ứng với ba điểm: điểm có lưu lượng qua turbine nhỏ nhất Q_{\min} , điểm có hiệu suất cực đại Q_b và điểm có độ mở cánh hướng cực đại Q_f .

Lúc này, lưu lượng qua turbine và công suất phát của tổ máy được cho bằng biểu thức sau:

$$Q^t = Q_{\min} + Q_1^t + Q_2^t$$

$$P^t = P_{\min} + \rho_1 Q_1^t + \rho_2 Q_2^t$$

Trong đó:

- Q_{\min} (m³/s) là lưu lượng nhỏ nhất qua turbine;
- Q_1^t , Q_2^t (m³/s) là lưu lượng ứng với đoạn (I) và (II) của tổ máy.
- ρ_1 và ρ_2 là độ dốc ứng với các đoạn thẳng (I) và (II) của đường đặc tính công suất của tổ máy.

$$\rho_1 = \frac{P_b^t - P_{\min}^t}{Q_b^t - Q_{\min}^t}; \quad \rho_2 = \frac{P_f^t - P_b^t}{Q_f^t - Q_b^t};$$

5.3.2.2. Dữ liệu đầu vào

- Các thông số về hồ chứa đã biết trước: đặc tính hồ chứa, mức nước hiện hành, mức nước mục tiêu vào cuối thời gian khảo sát;

- Lưu lượng nước tự nhiên về hồ chứa trong thời gian khảo sát đã được dự báo;

- Các số liệu về đặc tính phát của nhà máy đã biết trước: các giới hạn công suất phát, giới hạn lượng nước chạy máy;

- Giá điện thanh toán dự báo của thị trường điện cho từng giờ trong thời gian khảo sát coi như đã biết trước

5.3.2.3. Đặc tính thể tích hồ chứa

5.3.2.4. Thông số ban đầu của hồ chứa

5.3.2.5. Lưu lượng nước tự nhiên về các hồ chứa

5.3.2.6. Thông số của đường ống áp lực

5.3.2.7. Thông số về đặc tính phát của nhà máy

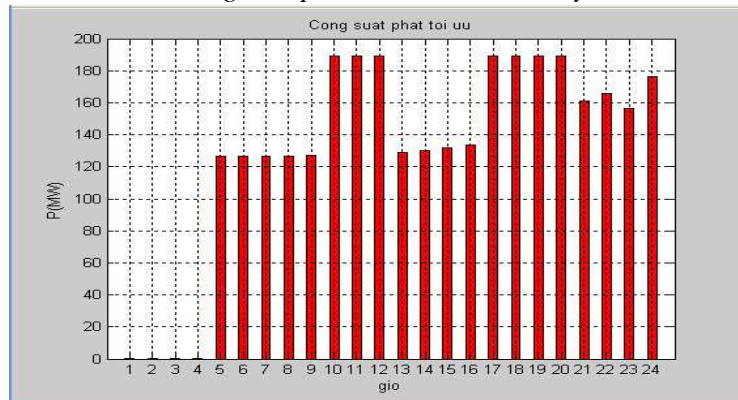
5.3.2.8. Giá điện thanh toán dự báo của thị trường điện

5.3.2.9. Dữ liệu đầu ra

5.3.2.10. Chương trình tính toán

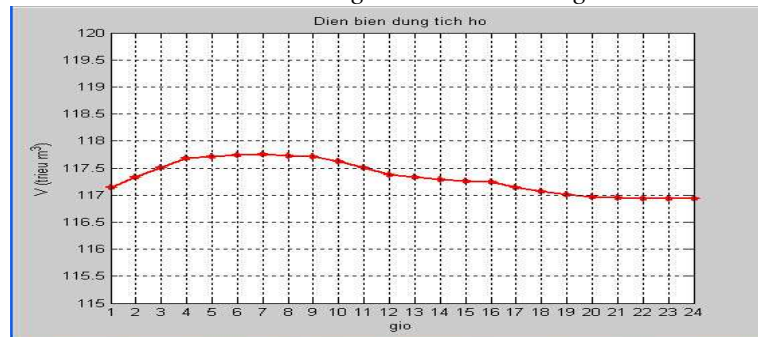
5.3.2.11. Kết quả tính toán

5.3.2.12. Công suất phát tối ưu của nhà máy



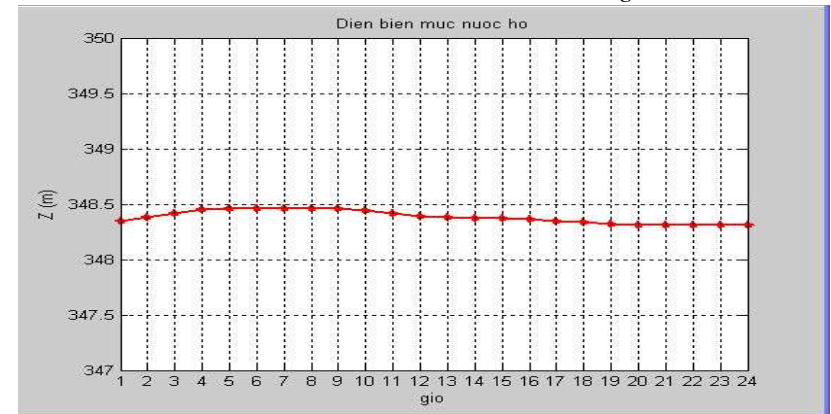
Hình 5.10. Công suất phát của nhà máy trong ngày khảo sát

5.3.2.13. Diễn biến dung tích hồ theo thời gian



Hình 5.12. Diễn biến dung tích hồ trong ngày khảo sát

5.3.2.14. Diễn biến mức nước hồ theo thời gian



Hình 5.12. Diễn biến mức nước hồ trong ngày khảo sát

5.3.2.15. Kết quả doanh thu của nhà máy

5.4. Kết luận

Trong chương này đã trình bày chi tiết bài toán lập kế hoạch vận hành tối ưu năm và kế hoạch tối ưu ngày cho nhà máy thủy điện A Vương. Kết quả của bài toán lập kế hoạch vận hành tối ưu năm đã xác định được dung tích nước tối ưu trong hồ chứa và lưu lượng nước phát điện tối ưu trong từng tháng của năm khảo sát, kết quả đã cho thấy lượng nước xả trong quá trình phát điện đảm bảo việc cấp nước cho hạ du trong các tháng mùa kiệt. Ngoài ra, kết quả tính toán được đối với bài toán lập kế hoạch vận hành tối ưu ngày đã xác định được sản lượng điện năng hằng ngày và diễn biến của hồ chứa phù hợp với những biến đổi của giá thị trường và dòng chảy tự nhiên dự báo

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Trong những năm gần đây xảy tình trạng thiếu hụt mưa trong các tháng mùa khô, dẫn đến nguồn nước trên các con sông cạn dần, khiến nước mặn xâm nhập sâu vào đất liền, làm tê liệt các trạm bơm nông nghiệp cũng như các nhà máy nước sinh hoạt. Do đó, việc vận hành các nhà máy thủy điện phải tính đến nhiệm vụ cấp nước cho vùng hạ lưu trong các tháng mùa kiệt. Một trong các giải pháp để thực hiện yêu cầu đó là tính toán lưu lượng phát điện trong các tháng và xác định dung tích tối ưu của hồ chứa trong thời gian vận hành.

Kết quả nghiên cứu đáp ứng được các vấn đề sau:

- Xây dựng được hàm mục tiêu là cực đại doanh thu của nhà máy thủy điện A Vương có xét đến điều kiện ràng buộc cấp nước cho hạ lưu trong các tháng mùa kiệt.
- Kết quả đã tính được mức nước và dung tích tối ưu của hồ chứa từng tháng trong năm ứng với giá thị trường dự báo. Do đó, bài toán kế hoạch vận hành năm có thể áp dụng cho Công ty Cổ phần thủy điện A Vương khi tham gia thị trường điện phát điện cạnh tranh sắp đi vào hoạt động.
- Ngoài ra, đề tài cũng đã xét kế hoạch vận hành ngắn hạn (hàng ngày), kết quả tính toán cho một ngày điển hình đã tính được sản lượng điện năng và diễn biến của hồ chứa phù hợp với những biến đổi của giá thị trường và dòng chảy tự nhiên dự báo.

Tuy vậy, đề tài vẫn còn các hạn chế cần được hoàn thiện, cần được tiếp tục nghiên cứu phát triển.

HƯỚNG NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN ĐỀ TÀI

Nội dung chính của đề tài tính toán lưu lượng phát điện tối ưu từng tháng trong cả năm nhằm đạt doanh thu cực đại khi tham gia thị trường điện có xét đến yêu cầu cấp nước cho hạ lưu trong các tháng mùa kiệt, trên cơ sở giá điện dự báo của thị trường coi như đã biết trước. Vì vậy, đề tài cần được nghiên cứu phát triển theo các hướng sau:

- Nghiên cứu vấn đề dự báo giá thanh toán thị trường điện;
Nghiên cứu bài toán vận hành dài hạn đối với bậc thang thủy điện.