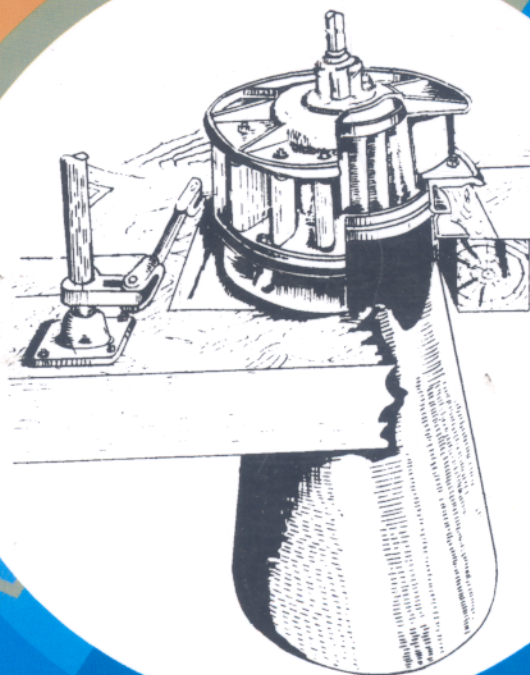


NGUYỄN DUY THIÊN

THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG TRẠM THUY ĐIỆN NHỎ



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

NGUYỄN DUY THIÊN

THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG
TRẠM THỦY ĐIỆN NHỎ

(Tái bản)

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
Hà Nội - 2003

LỜI NÓI ĐẦU

Hiện nay, thủy điện nhỏ đã được xây dựng rộng rãi ở nhiều nước trên thế giới kể cả các nước công nghiệp tiên tiến và các nước đang phát triển. Nguồn thủy điện nhỏ, cùng với sự cải tiến kết cấu và trang thiết bị, cho nhiều lợi thế trên thị trường năng lượng. Nó rất ít hoặc không ảnh hưởng xấu đến môi trường sinh thái. Một điều lí tưởng của thủy điện nhỏ là ngoài điện năng còn sử dụng nguồn nước đó vào nhiều mục đích như cấp nước, chống lụt, tưới, giải trí...

Thủy điện nhỏ trong bối cảnh chung của sự phát triển năng lượng đã chuyển dần từ vai trò "bé nhỏ" sang "đáng kể" trong mỗi nước tùy thuộc vào tiềm năng và nhu cầu năng lượng. Ở vùng châu Á - Thái Bình Dương, một lượng lớn nước được hướng vào phát triển thủy điện trong phát triển hệ thống năng lượng chung, thủy điện nhỏ cũng đóng góp một vai trò đáng kể.

Thủy điện nhỏ trong kế hoạch phát triển nông thôn có một vai trò đặc biệt quan trọng. Trên 80% dân cư ở các nước châu Á - Thái Bình Dương như Miến Điện, Malaixia, Nêpan, Philippin, Sri-Lanka... sống ở những vùng rất xa xôi, hẻo lánh. Ở đây, nhu cầu điện nhờ vào một mạng lưới trung tâm là rất khó khăn và không kinh tế. Việc phát triển thủy điện nhỏ với mạng lưới điện địa phương tỏ ra có lợi hơn và có khả năng hiện thực.

Thủy điện nhỏ có những ưu điểm vốn có của nó nên đã mở ra những khả năng to lớn cho sự phát triển. Đó là:

- Đơn giản về công nghệ, một tiền đề cho việc giảm chi phí đầu tư.
- Khả năng đứng vững được trong việc cung ứng điện năng cho các vùng trung du, miền núi xa xôi không có điều kiện cung cấp nguồn năng lượng khác.
- Góp phần thúc đẩy phát triển công nghiệp, kinh tế - xã hội và văn hoá của các vùng cao xa xôi, giao thông khó khăn.
- Tuổi thọ của công trình và máy móc thiết bị rất dài, bảo dưỡng duy tu đơn giản, chi phí vận hành rất thấp.
- Thích nghi với quy mô nhu cầu điện địa phương.
- Rất ít tác hại đến môi sinh, thậm chí còn cải tạo cảnh quan.
- Thích hợp với các mục đích dùng nước khác như chống lũ, tưới, nước sinh hoạt. Do đó cải thiện thêm vốn đầu tư cho thủy điện nhỏ.
- Hỗ trợ đắc lực cho mạng lưới điện Trung ương và địa phương. Thủy điện nhỏ được phân cấp tùy từng nước, từng hội nghị và tổ chức có thể khác nhau. Ta có thể tham khảo một số nước trong bảng dưới đây:

Các nước và các tổ chức	TTĐ Micro (kW)	TTĐ Mini (kW)	TTĐ nhỏ (kW)
UNIDO: Hội nghị chuyên đề - Katmandu	≤ 100	100 - 1000	101 - 12000
- Hàng Châu - Manila	≤ 100	101 - 1000	
Pháp EDF	≤ 2000		
Malaixia	< 25	25 - 500	≤ 5000
Philippin			≤ 15000
Pêru	5 - 50	15 - 500	500 - 5000
Rumani			5 - 5000
Thụy Điển			100 - 15000
Thái Lan	0 - 200	201 - 6000	6001 - 15000
Thổ Nhĩ Kỳ	0 - 100	101 - 1000	1001 - 5000
Hoa Kỳ	≤ 200 - 500	500 - 5000	≤ 15000
Việt Nam	≤ 50	50 - 500	500 - 5000
Liên Hiệp quốc: Chuyên đề về Nguồn năng lượng mới và tái tạo được (thủy năng)	≤ 1000		1001 - 10000

Nguồn thủy năng của Việt Nam đánh giá sơ bộ vào khoảng 16.000 MW. Phần lớn tập trung ở các sông: sông Đà, sông Lô, sông Thao, sông Sê San và sông Đồng Nai. Trên các sông này có hơn 10 điểm thủy điện lớn đang được xem xét và xây dựng với công suất lắp máy từ 300 MW - 3000 MW. Một số trạm thủy điện lớn đã và đang hoàn thành như Hoà Bình (1920 MW) và Trị An (300 MW).

Trước năm 1945, chỉ có Tà Sa, Na Ngân với tổng công suất 1440 kW cung cấp điện cho mở thiếc Tĩnh Túc và vài trạm nhỏ như Sa Pa, Hạng Hiền, Bàu Cạn - Lâm Đồng.

Sau năm 1954, một số trạm cỡ trung bình được xây dựng như Thác Bà (108 MW) và Đa Nhim (160 MW). Tà Sa - Na Ngân được mở rộng và một số lớn trạm nhỏ đã được xây dựng như Suối Cùn (1400 kW), Bàn Thạch (960 kW), Cẩm Sơn (4800 kW). Ngoài ra, còn hàng trăm trạm nhỏ, cực nhỏ đã được xây dựng sau 1954 ở các vùng trung du và miền núi.

Từ năm 1959, một kế hoạch dài hạn quy hoạch thủy năng các hệ thống sông ở Việt Nam đã được tiến hành nghiên cứu. Trên cơ sở đó đã đưa ra được nhiều điểm thủy điện có tính khả thi. Năm 1974, một công ty của Anh đã xác định được 30 vị trí trạm với công suất từ 100 kW đến 3750 kW ở phía Nam. Năm 1980, cũng đã định ra được 300 điểm thủy điện nhỏ với tổng công suất là 23 MW ở phía Bắc.

UNIDO*: Tổ chức phát triển công nghiệp của Liên Hiệp quốc.

TTĐ*: Trạm thủy điện.

Điện khí hoá nông thôn là một nhiệm vụ quan trọng trong việc phát triển nông thôn, miền núi ở Việt Nam. Các làng, bản xa xôi không thể lấy điện từ mạng lưới trung tâm được vì chi phí chuyển tải rất cao. Hiện tại, có một số trạm điện chạy dầu đang vận hành, song giá dầu và cước vận chuyển cao, máy phát điện chạy bằng diesel quá đắt. Giải pháp cho vấn đề này là xây dựng những trạm thủy điện nhỏ, cực nhỏ để điện khí hoá làng bản là hợp lý nhất.

Trạm thủy điện nhỏ ở Việt Nam có thể phân cấp theo bảng dưới đây:

Loại trạm	Cấp công suất (kW)	Cột nước (m)		
		Thấp	Trung bình	Cao
Trạm thủy điện Micro (TTĐ Mi)	< 50	< 15	15 - 20	> 50
Trạm thủy điện Mini (TTĐ Min)	50 - 500	< 20	20 - 100	> 100
Trạm thủy điện nhỏ (TTĐN)	500 - 5000	< 25	25 - 130	> 130

Thủy điện nhỏ ở Việt Nam nên lựa chọn để xây dựng trên cơ sở:

- Phân tích nguồn: lượng dòng chảy đều đặn, sử dụng được dài ngày trong năm;
- Không có sự thay đổi đột ngột về nhu cầu năng lượng;
- Có một trung tâm tiêu thụ điện gần nguồn;
- Kỹ thuật và công nghệ đơn giản dùng vật liệu địa phương và không đòi hỏi công nhân có tay nghề cao;
- Chi phí cho 1 kW lắp máy thấp nhất;
- Đem lại việc làm và sản phẩm cho người dân trong vùng.

Nhà Xuất bản Xây dựng xin giới thiệu với bạn đọc cuốn **"Thiết kế và thi công trạm thủy điện nhỏ"** để làm tài liệu tham khảo, nghiên cứu và hướng dẫn cho các cán bộ xây dựng trạm thủy điện nhằm góp phần vào sự nghiệp phát triển kinh tế - xã hội của các tỉnh miền núi và trung du.

Trong quá trình biên tập sách không tránh khỏi những thiếu sót về nội dung và hình thức, mong bạn đọc góp ý phê bình để lần sau xuất bản được tốt hơn.

Nhà Xuất bản Xây dựng

Chương 1

CÁC PHƯƠNG THỨC KHAI THÁC THUYỀN NĂNG VÀ ĐIỀU TRA CƠ BẢN

1.1. CÔNG SUẤT DÒNG NƯỚC VÀ CÔNG SUẤT CỦA TRẠM

Dòng nước chảy từ cao xuống thấp sinh một năng lượng. Năng lượng đó thể hiện rõ ở việc bào mòn lòng sông, hai bờ và cuốn theo đất, cát, phù sa ra biển.

Vị trí cao thấp của mực nước càng chênh lệch nhiều, thì năng lượng của dòng nước càng lớn. Để tự nhiên như vậy, năng lượng đó trở thành vô ích. Nếu đem tập trung lại có thể sử dụng để quay tuabin làm máy phát điện quay theo, phát ra điện phục vụ con người. Những công trình và thiết bị dùng năng lượng nước phát điện, được gọi là trạm thủy điện.

Năng lượng dòng chảy của một đoạn sông chính là công sinh ra trên đoạn sông đó trong thời gian nhất định. Công sinh ra trong một đơn vị thời gian gọi là công suất. Ta tính công suất trên đoạn sông A-B (hình 1.1) có mực nước chênh lệch là $H(m)$ hoặc gọi là cột nước, lưu lượng chảy qua là $Q (m^3/s)$.

Công suất tính theo công thức:

$$N = \gamma \cdot Q \cdot H = 9810 \cdot Q \cdot H (Nm/s)$$

Đơn vị thường dùng trong kĩ thuật điện là

$$1 \text{ kilowatt (kW)} = 1000W.$$

$$1W = 1J/s = 1Nm/s$$

Như vậy:

$$N = 9810 \cdot Q \cdot H (W) = 9,81 \cdot Q \cdot H (kW)$$

Công suất dòng chảy qua đoạn sông A-B bằng:

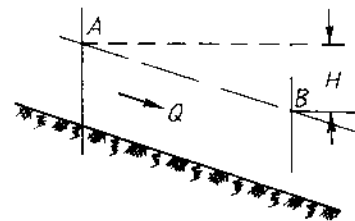
$$N = 9,81 \cdot Q \cdot H (kW)$$

Nhưng muốn sử dụng được công suất trên phải xây dựng các công trình dẫn nước, công trình đặt thiết bị cơ điện, đường dây... nên một phần công suất trên bị mất mát.

Ở các trạm thủy điện nhỏ mất 20 - 40%, còn lại 60 - 80% công suất có thể biến thành điện năng. Số phần trăm này biểu thị mức độ sử dụng được công suất dòng nước của đoạn sông trên của trạm thủy điện, gọi chung là hiệu suất của trạm η .

Như vậy công suất thực bằng:

$$N = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta (kW)$$



Hình 1.1: Công suất một đoạn sông

Việc xác định chính xác hiệu suất η rất phức tạp vì còn phụ thuộc vào điều kiện chế tạo cơ khí, tính chất lắp ráp tuốcbin máy phát... Cho nên thường thay trị số $A = 9,81\eta$ và căn cứ vào cách nối tiếp của máy phát với tuốcbin mà sơ bộ chọn trị số A .

Công thức trên sẽ là: $N = A.Q.H(kW)$

Tham khảo bảng 1.1 để chọn A :

Bảng 1.1: Hệ số công suất A

Hình thức nối tiếp máy phát điện với tuốcbin	Hệ số A
Nối trực tiếp	7,0
Dùng dây truyền lực	6,50
Truyền lực 2 lần	5,50

Ví dụ: Xây dựng trạm trên một đoạn sông có cột nước $H = 45m$, lưu lượng $Q = 0,3m^3/s$ tuốcbin nối trực tiếp với máy phát điện. Tính công suất trạm.

Theo công thức trên và bảng 1.1 chọn $A = 7,00$ ta có:

$$N = 7 \times 0,3 \times 45 = 94,5kW$$

Trong khi quy hoạch có thể sử dụng công thức dưới đây để tính toán sơ bộ công suất:

$$\text{Trạm dưới } 100kW, N = 6,00 QH(kW)$$

$$\text{Trạm trên } 100kW, N = 7,00 QH(kW)$$

1.2. CÁC SƠ ĐỒ BỐ TRÍ TRẠM THUỶ ĐIỆN NHỎ

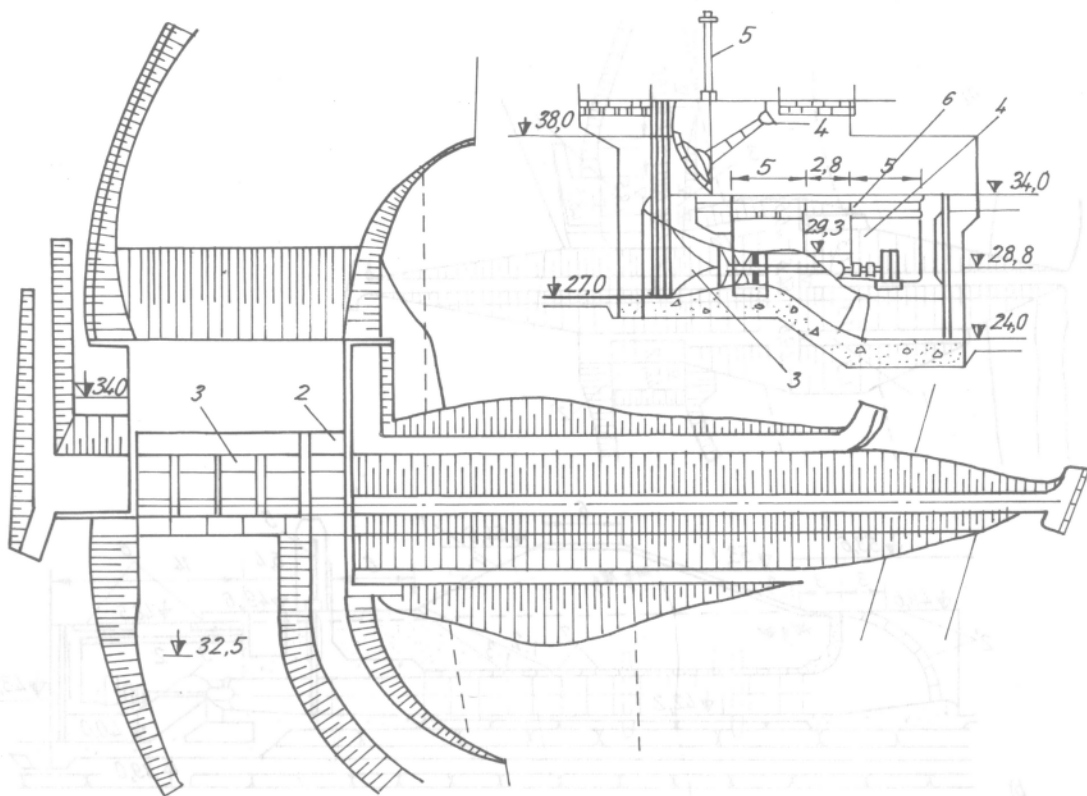
Căn cứ vào cách tạo thành cột nước để phân loại trạm thủy điện. Thường có 3 loại trạm: trạm kiểu đập, trạm kiểu đường dẫn và trạm kiểu kết hợp đập - đường dẫn. Bố trí chung các loại đó như sau:

1.2.1. Trạm kiểu đập

Đập ngăn sông để dâng cao mực nước, tạo thành cột nước và còn có thể tạo thành hồ chứa trước đập. Sau đó dùng ống dẫn hoặc cửa lấy nước đưa vào nhà máy, tuốcbin quay kéo theo máy phát điện phát ra điện. Bố trí nhà máy còn tùy theo điều kiện địa hình, nên loại này có thể gặp hai kiểu:

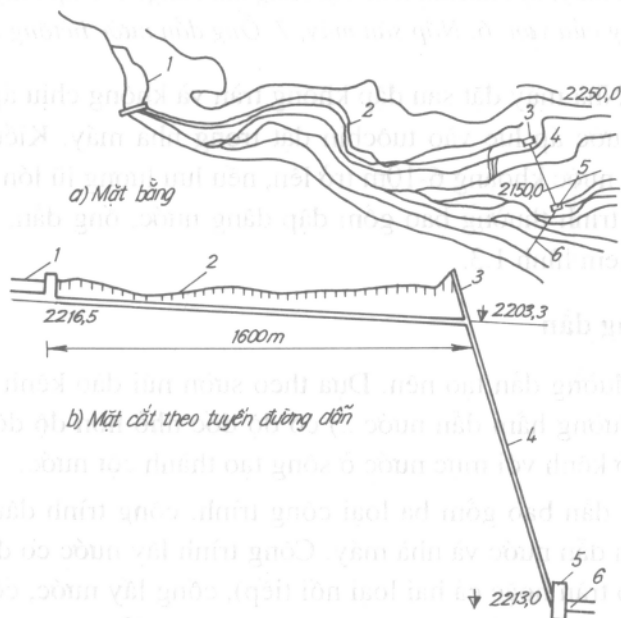
1. *Trạm kiểu lòng sông.* Nhà máy và đập bố trí cùng một tuyến trên lòng sông, cùng có tác dụng ngăn nước cho nên nhà máy cũng chịu áp lực như đập. Kiểu trạm này dùng ở cột nước không cao, thường khoảng 6-10m trở xuống. Với trạm thủy điện nhỏ thường chỉ khi cột nước dưới 6m dùng kiểu này mới kinh tế.

Kiểu này thường xây dựng trên các lòng sông tương đối rộng, các công trình có ít: chỉ có đập (hoặc cống) nhà máy và đường tràn lũ, bố trí như hình 1.2.



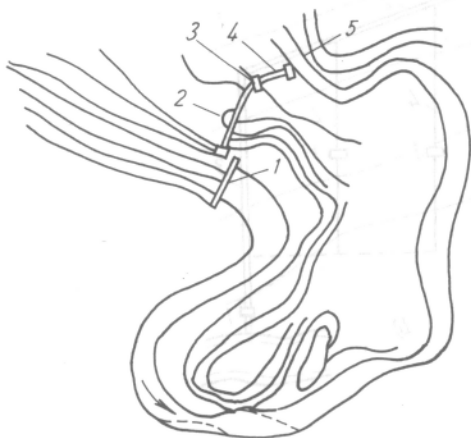
Hình 1.3: Trạm kiểu sau đập

1. Đập; 2. Cửa lấy nước; 3. Cửa xả nước; 4. Nhà máy; 5. Cản trục nâng;
6. Nắp sàn máy; 7. Ống dẫn nước bê tông cốt thép; 8. Tuôchin

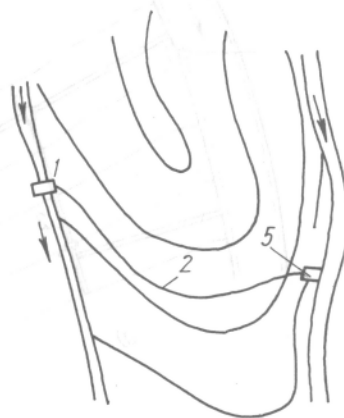


Hình 1.4: Trạm kiểu đường dẫn

1. Công trình đầu mối; 2. Đường dẫn áp lực; 3. Tháp điều áp;
4. Đường ống dẫn vào tuôchin; 5. Nhà máy; 6. Kênh tháo nước xuống hạ lưu.



Hình 1.5: Trạm trên đoạn sông cong
1. Đầu mối; 2. Đường dẫn; 3. Bể áp lực;
4. Ống dẫn áp lực; 5. Nhà máy



Hình 1.6: Trạm xây dựng trên 2 sông gần nhau
1. Đầu mối; 2. Đường dẫn; 5. Nhà máy

Cuối kênh dẫn có bể áp lực, ống dẫn nước áp lực nối với bể và dẫn nước vào nhà máy. Trạm thủy điện kiểu này thường xây dựng ở vùng núi, vùng trung du, khi gặp những địa hình sau:

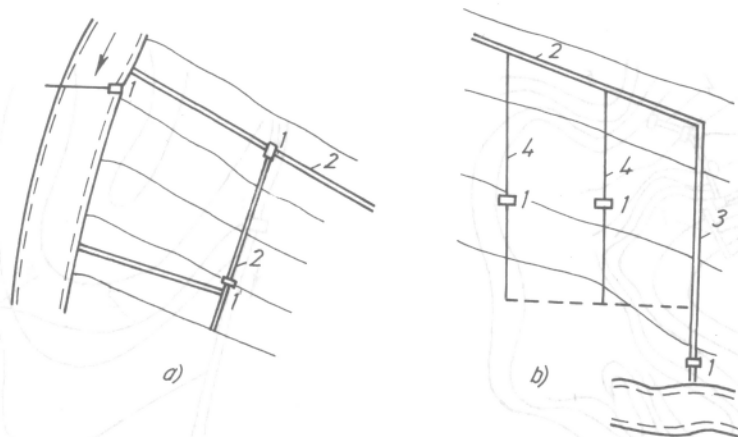
- Dòng sông, suối chảy dốc từ trên sườn núi xuống khe, còn đường dẫn chạy trên sườn núi (hình 1.4).
- Dòng sông uốn khúc, độ dốc lớn. Dùng đường dẫn đi thẳng để tạo thành cột nước (hình 1.5).
- Hai con sông gần nhau nhưng cao trình mặt nước ở 2 sông khác nhau, đặt đường dẫn từ sông có mặt nước cao dẫn đến sông có mặt nước thấp (hình 1.6).

1.2.3. Trạm thủy điện kiểu kết hợp đập - đường dẫn

Các công trình và hình thức bố trí về cơ bản cũng giống trạm thủy điện đường dẫn, chỉ khác là đập ngăn sông tương đối cao, cột nước hình thành một phần do đập và một phần lớn do đường dẫn. Kiểu này chủ yếu xây dựng ở vùng trung du, ở những sông suối có độ dốc trung bình. Nói chung kiểu đường dẫn và kiểu kết hợp đập - đường dẫn nên tìm những vị trí có thác để xây dựng, tuyến đập đặt ở phía thượng lưu thác nước đập sẽ thấp mà tạo được cột nước cao, có lợi về kinh tế.

Ngoài các loại trạm xây dựng trên sông suối thiên nhiên, cần phải kể tới trạm thủy điện xây dựng trên kênh tưới. Trên đó thường đã hình thành sẵn bậc nước hoặc dốc nước do địa hình đào kênh. Cho nên có thể kết hợp xây dựng kênh tưới với xây dựng trạm thủy điện. Giá thành trạm trên kênh tưới giảm nhiều so với trạm kiểu đập và đường dẫn (hình 1.7 và 1.8).

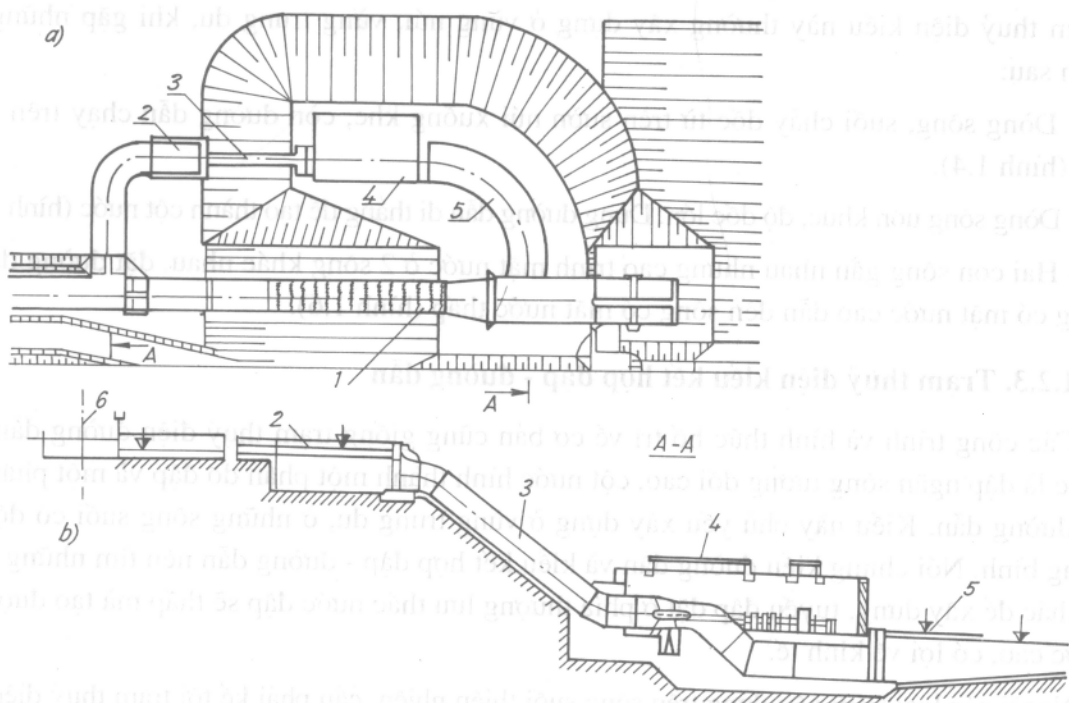
Để có lưu lượng lớn, làm việc liên tục, nên đặt trạm trên kênh chính. Khi không cần tưới, dòng nước sau khi phát điện tháo qua kênh xả ra sông.



Hình 1.7: Trạm trên kênh tưới

a) Trên kênh tưới chính; b) Trên bậc nước kênh nhánh

1. Nhà máy; 2. Kênh chính; 3. Kênh xả nước; 4. Kênh nhánh



Hình 1.8: Trạm trên dốc nước của kênh tưới

a) Mặt bằng; b) Mặt cắt theo tuyến áp lực

1. Dốc nước; 2. Bể áp lực; 3. Đường ống áp lực; 4. Nhà máy; 5. Kênh xả; 6. Trục kênh xả

1.3. MỘT SỐ CHỈ TIÊU KINH TẾ KHI XÂY DỰNG TRẠM THUỶ ĐIỆN

Để đánh giá mức độ hợp lý về kinh tế khi xây dựng trạm thủy điện, phải tiến hành tính toán một số chỉ tiêu kinh tế.

Chỉ tiêu kinh tế cơ bản của trạm là vốn đầu tư cho một kilôoát lắp máy và giá thành điện năng.

1. *Vốn đầu tư cho 1kW lắp máy* bằng tổng số vốn đầu tư của trạm thủy điện chia cho công suất lắp máy. Con số này cho ta so sánh phí tổn xây dựng với chỉ tiêu xây dựng của trạm thủy điện nói chung để biết được mức độ đắt rẻ kết hợp với mức độ cần thiết về điện năng của khu vực và tình hình kinh tế chính trị ở đó để quyết định có xây dựng hay không.

Trị số vốn đầu tư cho 1kW lắp máy tính theo công thức:

$$C = \frac{K}{N} \text{ (đồng)}$$

Trong đó:

K - vốn đầu tư toàn bộ công trình trạm, (đồng);

N - công suất lắp máy của trạm (kW).

Vốn đầu tư cho 1kW lắp máy có quan hệ mật thiết với tình hình khu vực. Đối với trạm kiểu đập, vốn đầu tư xây đập thường ảnh hưởng rất lớn đến vốn đầu tư 1kW lắp máy; chiều rộng lòng sông, tổn thất ngập lớn cũng làm cho vốn đầu tư 1kW tăng cao. Đối với trạm đường dẫn độ dốc sông càng lớn kênh chỉ cần ngăn cũng tạo được cột nước cao nên vốn đầu tư 1kW sẽ nhỏ đi. Tình hình địa chất cũng là nhân tố quan trọng, nếu thuận lợi cho việc xây dựng, ví dụ ở nền các công trình lớn như đập, cống là nền đá tốt, còn nơi cần đào là đất hoặc đá mềm thì vốn đầu tư 1kW sẽ có thể giảm đi nhiều.

Thông thường trạm thủy điện công suất càng lớn vốn đầu tư 1kW sẽ càng nhỏ. Vì vậy đối với trạm nhỏ vốn đầu tư 1kW thường lớn. Nếu tăng công suất trạm, vốn đầu tư cho 1kW sẽ được giảm xuống tương đối.

Như vậy thấy rằng càng tận dụng năng lượng dòng chảy để xây dựng trạm thủy điện có công suất lớn càng có lợi về kinh tế, ngay đến khâu quản lý khai thác cũng thấy có lợi rõ rệt.

Dùng vật liệu xây dựng địa phương: gỗ, đá... cũng làm hạ vốn đầu tư 1kW.

Thông qua chỉ tiêu này có thể cân nhắc được phương án nào xây dựng trạm rẻ hơn.

2. *Vốn đầu tư cho 1 kWh.* Nếu chỉ dựa vào chỉ tiêu trên thì chưa đủ để biểu thị được mức độ hợp lý về mặt kinh tế của một trạm thủy điện. Vì vậy cần xét thêm một chỉ tiêu vốn đầu tư cho 1kWh. Trị số này tính theo công thức:

$$R = \frac{K}{E} \quad (\text{đồng})$$

Trong đó:

K - vốn đầu tư toàn bộ công trình trạm, đồng;

E - điện lượng của trạm phát ra trong một năm (kWh).

Chẳng hạn vốn đầu tư một trạm là 30.10^6 đồng, công suất lắp máy 30kW, điện lượng năm là 60000kWh. Một trạm khác vốn đầu tư 40.10^6 đồng, công suất lắp máy 40kW, điện lượng năm là 140000kWh. Nếu căn cứ vào vốn đầu tư 1kW lắp máy thì hai trạm như nhau, nhưng so sánh vốn đầu tư cho 1kWh thì trạm sau rẻ hơn ($285\text{đ/kWh} < 500\text{đ/kWh}$).

Ở trạm thủy điện không có điều tiết dòng chảy nếu tăng công suất lắp máy có thể giảm vốn đầu tư cho 1kW. Nhưng trường hợp này điện lượng năm chỉ có thêm được một phần do điện lượng mùa nên vốn đầu tư cho 1kWh có thể tăng lên.

Khi xây dựng trạm thủy điện có kết hợp với các ngành khác cũng làm cho vốn đầu tư giảm rõ rệt. Vì lúc đó các ngành khác phải chịu một phần vốn đầu tư để thu một phần hiệu ích cho ngành mình.

3. *Giá thành điện năng.* Cũng là một chỉ tiêu cơ bản của trạm thủy điện. Trị số này bằng toàn bộ chi phí khai thác năm chia cho điện lượng năm, nó đại biểu cho tiền phí tổn cần thiết để sản xuất ra 1kWh điện lượng của trạm. Tính bằng công thức:

$$S = \frac{I}{E} \quad (\text{đ/kWh})$$

Trong đó:

I - chi phí khai thác năm (đồng);

E - điện lượng năm (kWh).

Công thức này cho thấy chi phí khai thác càng nhỏ mà điện lượng năm càng lớn thì giá thành điện năng càng hạ.

Chi phí khai thác năm gồm hai phần: chi phí gián tiếp không liên quan trực tiếp tới phí tổn trong quá trình khai thác trạm và chi phí trực tiếp là phí tổn bỏ ra trong quá trình sản xuất ra điện năng.

Chi phí gián tiếp gồm tổng số tiền hao mòn, tiền đại tu mỗi năm giữ lại. Tiền hao mòn các bộ phận công trình căn cứ vào thời hạn sử dụng của từng bộ phận, còn tiền đại tu để lại nhiều hay ít tùy tình hình hư hại của các bộ phận. Bảng dưới đây cho ta tham khảo một số trị số về tiền hao mòn và đại tu của các bộ phận công trình thủy công, thiết bị cơ điện của trạm thủy điện.

Bảng 1.2

Nhà máy và công trình	Mức độ phần trăm khấu hao hàng năm và đại tu	
<i>Nhà máy</i>	Khi số giờ sử dụng công suất lắp máy:	
	Dưới 3000h	Từ 3000 đến 6000h
Đá	2,25	2,6
Hỗn hợp	3,40	3,9
Gỗ	4,50	5,2
<i>Công trình thủy công</i>	Không phụ thuộc vào số giờ sử dụng:	
Đá, bê tông, bê tông cốt thép và đất	2,0	
Gỗ	9,0	
<i>Các thiết bị thủy lực và cơ điện</i>	Phụ thuộc vào số giờ sử dụng: Từ 5 đến 7	

Chi phí trực tiếp gồm:

1. Tiền lương của nhân viên, tiền thưởng, tiền bảo hiểm xã hội...
2. Chi phí tiểu tu: kiểm tra sửa chữa khi phát hiện công trình và thiết bị hư hỏng nhỏ, kiểm tra sửa chữa tiến hành theo kế hoạch có tính đến phòng ngừa sự cố. Chi phí này tùy số giờ sử dụng mà quy định, chẳng hạn bộ phận gạch (nhà máy, các công trình khác) khoảng 1,5%, thiết bị cơ điện 3,5 ÷ 5%, kết cấu gỗ 2,5%.
3. Chi phí điện dùng cho nhà máy thường chiếm 2% lượng điện năm tùy theo giá bán điện mà tính ra.
4. Chi phí quản lý hành chính gồm chi phí hành chính, giao thông, bưu điện, ... chiếm khoảng 10 ÷ 15% chi phí trực tiếp khác.
5. Chi phí đặc biệt do tình hình đột xuất gây nên.

Đối với công suất lắp máy nhất định, số giờ sử dụng càng lớn, điện lượng năm càng lớn thì giá thành điện năng càng hạ thấp. Cho nên để tăng hiệu ích kinh tế của trạm thủy điện nhỏ cần nghiên cứu tăng điện lượng của trạm (E) bằng cách tìm cách tăng thêm nhu cầu điện theo mùa hoặc cho làm việc cùng với trạm có khả năng điều tiết lớn hơn hoặc nối với mạng lưới điện địa phương. Hiện tại giá thành điện năng của các trạm nhỏ tương đối đắt vì điện lượng nhỏ mà chi phí khai thác lại lớn. Cho nên biện pháp giảm thấp chi phí khai thác cho trạm nhỏ và tăng điện lượng năm lên có một ý nghĩa lớn về kinh tế.

1.4. CÁC TRỊ SỐ ĐẶC TRƯNG CHO SỰ LÀM VIỆC CỦA TRẠM THỦY ĐIỆN

Để đánh giá mức độ hợp lý về kinh tế - kỹ thuật trong quá trình thiết kế cũng như quản lý khai thác một trạm thủy điện, cần tính một số các trị số đặc trưng sau:

1. Công suất lắp máy của trạm bằng tổng công suất định mức của các máy phát điện đặt trong nhà máy. Công suất định mức xác định do xưởng chế tạo. Trường hợp công suất định

mức máy phát vượt quá công suất tuốcbin, thì công suất lắp máy của trạm, bằng tổng công suất của các tuốcbin trong nhà máy trừ đi tổn thất ở thiết bị truyền động và ở máy phát điện.

2. *Công suất làm việc* của trạm bằng tổng công suất làm việc thực tế trong một thời điểm tính toán nhất định, không kể công suất dự trữ.

3. *Công suất bảo đảm* của trạm là công suất tối thiểu để trạm làm việc được bình thường. Dưới công suất bảo đảm trạm sẽ làm việc không bình thường hoặc ngừng làm việc.

4. *Điện lượng của trạm* sản sinh ra được bằng tổng điện lượng các tổ máy trừ đi tổn thất năng lượng và chi phí cho tự dùng. Còn điện lượng hữu ích là điện lượng cung cấp cho lưới điện bằng điện lượng của trạm trừ đi chi phí tự dùng ở trạm và tổn thất ở công trình phân phối.

5. *Thời gian khai thác* của trạm bằng tổng số giờ làm việc của trạm trong năm.

6. *Hệ số phụ tải* là tỉ số giữa phụ tải trung bình với phụ tải lớn nhất trong một thời gian nào đó (ngày, năm).

7. *Hệ số sử dụng công suất lắp máy* của trạm là tỉ số điện lượng thực của trạm trong năm với điện lượng năm khi trạm làm việc với công suất lắp máy liên tục suốt năm (8760 giờ):

$$n = \frac{E}{N_{lm} 8760}$$

8. *Số giờ sử dụng công suất lắp máy của trạm trong năm* bằng tích số hệ số sử dụng công suất lắp máy với số giờ trong năm:

$$T_{lm} = n 8760$$

9. *Hệ số sử dụng các thiết bị chủ yếu* là tỉ số giữa tổng số làm việc trong năm với tổng số giờ trong năm:

$$f = \frac{\sum T}{z 8760}$$

Trong đó:

$\sum T$ - tổng số giờ làm việc của các tổ máy;

z - số tổ máy trong trạm.

Đối với trạm nhỏ hệ số này trong khoảng 0,3 ÷ 0,5.

Lấy 1 ví dụ để so sánh mức độ hợp lý về kinh tế kĩ thuật của 3 trạm thủy điện có các công suất lắp máy: 2000kW, 570kW và 300kW.

+ Trạm có $N = 2000\text{kW}$, 2 tổ máy công suất mỗi tổ 1000kW. Điện lượng năm: $E = 7059 \cdot 10^3 \text{kWh}$. Số giờ làm việc của các tổ máy $\sum T = 8470\text{h}$.

$$\text{Công suất trung bình của trạm: } N_{tb} = \frac{E}{8760} = \frac{7059 \cdot 10^3}{8760} = 800\text{kW}$$

Hệ số phụ tải: $\alpha = \frac{800}{1200} = 0,67 \text{ (} N_{\max} = 1200\text{kW)}$

Hệ số sử dụng công suất lắp máy: $n = \frac{7059.10^3}{2000 \times 8760} = 0,4$

Số giờ sử dụng công suất lắp máy: $T_{lm} = 0,4 \times 8760 = 3504\text{h}$.

Hệ số sử dụng thiết bị chủ yếu:

$$f = \frac{8470}{2 \times 8760} = 0,48$$

+ Trạm có $N_{lm} = 570\text{kW}$, 3 tổ máy mỗi tổ 190kW.

Điện lượng năm $E = 2785.10^3 \text{ (kWh)}$. Số giờ làm việc của tổ máy $\sum T = 8380\text{h}$.

Như vậy: $N_{tb} = \frac{2785.10^3}{8760} = 320\text{kW}$

Hệ số phụ tải: $\alpha = \frac{320}{500} = 0,64 \text{ (} N_{\max} = 500\text{kW)}$

Hệ số sử dụng công suất lắp máy:

$$n = \frac{2785 \times 10^3}{570 \times 8760} = 0,56$$

Số giờ sử dụng công suất lắp máy:

$$T_{lm} = \frac{2785 \times 10^3}{570}$$

Hệ số sử dụng thiết bị chủ yếu (tổ máy):

$$f = \frac{8380}{3 \times 8760} = 0,32$$

Đem so sánh các trị số đặc trưng cho sự làm việc của 2 trạm trên, ta thấy trạm thứ 2 có hệ số phụ tải, hệ số sử dụng công suất lắp máy, số giờ sử dụng công suất lắp máy cao hơn. Điều này chứng tỏ mức độ hợp lý kinh tế - kỹ thuật trong thiết kế, quản lý khai thác của trạm thứ 2 cao hơn.

+ Trạm có $N_{lm} = 300\text{kW}$, 2 tổ máy công suất mỗi tổ 150kW. Điện lượng năm 1484.10^3 kWh . Tổng số giờ làm việc 8600 giờ. Như vậy:

Công suất trung bình: $N_{tb} = \frac{1484.10^3}{8760} = 180\text{kW}$

Hệ số phụ tải:

$$\alpha = \frac{180}{300} = 0,6 (N_{\max} = 300\text{kW})$$

Hệ số sử dụng công suất lắp máy:

$$n = \frac{1484.10^3}{300 \times 8760} = 0,56$$

Số giờ sử dụng công suất lắp máy:

$$T_{lm} = \frac{1484.10^3}{300} = 4950\text{h}$$

Hệ số sử dụng thiết bị chủ yếu:

$$f = \frac{8600}{2 \times 8760} = 0,5$$

So sánh thấy các trị số đặc trưng về thiết bị của trạm này gần như trạm thứ 2, chúng có mức độ hợp lí như nhau.

1.5. NGUYÊN TẮC CHỌN PHƯƠNG THỨC KHAI THÁC THUỶ NĂNG VÀ PHƯƠNG ÁN BỐ TRÍ TRẠM THUỶ ĐIỆN NHỎ

Công tác điều tra đo đạc là cơ sở cho việc thiết kế và thi công trạm thủy điện nhỏ, về mặt này thì rõ ràng đối với trạm lớn lại càng quan trọng. Trạm nhỏ thường phải xác định phương án bố trí ngay khi khảo sát, đồng thời cũng nghiên cứu các khả năng của phương thức khai thác ngay khi khảo sát. Vì trạm nhỏ không thể tiến hành quá nhiều công tác tính toán so sánh phương án. Cho nên khi khảo sát phải xem xét thật đầy đủ các đặc điểm về địa hình, thủy văn địa chất... để rút ra được phương án hợp lí nhất phù hợp với điều kiện địa phương sao cho đạt được mục đích tiết kiệm vốn đầu tư vào bảo đảm chất lượng xây trạm.

Chọn phương thức khai thác có ảnh hưởng rất lớn đến vốn đầu tư xây trạm. Đối với đoạn sông có độ dốc rất nhỏ, ít uốn cong mà chọn phương thức khai thác kiểu đường dẫn thì rõ ràng đầu tư vốn có thể tăng lên rất nhiều so với phương án bố trí kiểu đập. Ngoài ra, khi quyết định phương án bố trí phải kết hợp các mặt khác như yêu cầu tưới, vận chuyển gỗ nứa, nuôi cá... Vấn đề chống lũ thường không đề cập khi xây trạm nhỏ vì không thể hình thành được hồ chứa nước tương đối lớn để chống lũ. Hơn nữa khi chọn phương thức khai thác phải đề cập đến một số điều kiện khác như vật liệu tại chỗ, nhân lực, giao thông vận tải...

Ta sẽ phân tích cụ thể chọn phương thức khai thác và cách bố trí nhà máy qua 3 mặt vừa nói trên.

1. Theo đặc tính tự nhiên của sông suối. Yếu tố thủy văn, địa chất là những nhân tố có ảnh hưởng lớn đến việc khai thác dòng sông và cách bố trí trạm thủy điện, nó cũng là yếu tố cơ bản. Về mặt nào đó mà nói, thường yếu tố này quyết định phương thức khai thác, mặt

khác đặc tính và quy luật của nó cũng tương đối khó theo dõi. Do đó tuy chúng ta không phải người chuyên môn làm công tác địa chất và thủy văn, nhưng là cán bộ thủy lợi thủy điện cũng cần phải coi trọng với mức độ cao nhất 2 yếu tố này. Nhất là đối với trạm thủy điện nhỏ lại càng phải lưu ý, vì với trạm nhỏ tài liệu về 2 mặt này không được đầy đủ như trạm lớn. Ở các trạm thủy điện nhỏ đã thiết kế, thi công và vận hành thì thấy những hư hỏng xảy ra thường do không nghiên cứu phân tích đầy đủ 2 yếu tố nói trên. Điều kiện địa hình cũng là yếu tố quan trọng, nhưng nó tương đối dễ nhận biết hơn.

- Lựa chọn 1 vị trí có điều kiện địa chất thích hợp ở thượng hoặc trung du của dòng sông suối để xây dựng hồ chứa nước điều tiết sẽ có lợi cho phát điện.

Cửa lấy nước của trạm kiểu đập, và kiểu đường dẫn tốt nhất là bố trí dưới sông nhánh lớn chảy vào, nếu vị trí đập nhất định phải đặt bên trên cửa sông nhánh chảy vào thì đập cần cách cửa sông nhánh một đoạn nhất định, để giảm bớt lượng nước tổn thất ngấm từ hồ vào sông nhánh.

- Đối với các sông miền núi có độ dốc lớn, cần phải chú ý đầy đủ đến khả năng khai thác bằng phương thức đường dẫn. Đối với sông miền trung du một mặt cần chú ý dùng phương thức khai thác kiểu đập đồng thời phải chú ý đến khả năng đặt trạm thủy điện theo kiểu đường dẫn ở chỗ sông uốn vòng.

Trên các sông có lượng ngậm cát lớn, cửa dẫn nước vào trạm là kiểu đường dẫn nên bố trí bên bờ sông lõm, một mặt để dẫn nước thuận và mặt khác tránh được bùn cát kéo vào đường dẫn. Đối với các sông có nhiều rác bần bùn cát thì khó làm hồ điều tiết ngày, vì hồ bị bồi lấp nhanh.

2. Theo yêu cầu lợi dụng tổng hợp. Nếu trạm gần làng thì địa điểm đập tốt nhất nên chọn phía trên làng để tránh lũ lớn có thể gây ngập lụt, nếu đặt ở phía dưới làng thì để tránh cho mực nước lũ dâng cao phải tăng chiều dài đường tràn lũ, do đó vốn đầu tư tăng lên.

- Khi lựa chọn địa điểm đập hoặc cửa lấy nước cần phải chú ý đến vị trí cửa lấy nước và cửa tiêu nước của kênh tưới tiêu trên thượng và hạ lưu, chú ý đến lợi ích công trình trạm cũng như của các ngành dùng nước khác.

Khi lựa chọn phương án bố trí trạm cần cố gắng bố trí ở trung tâm hoặc gần các hệ dùng điện để giảm bớt đường dây tải điện.

3. Các điều kiện khác

- Điều kiện thi công: chiều rộng dòng sông nơi đặt trạm cần đủ để bố trí công trình sẽ xây dựng và cần chú ý vấn đề dẫn dòng thi công. Nhìn bề ngoài một số địa điểm đập thấy có thể có lợi, nhưng vì sông quá hẹp, 2 bờ quá cao, muốn tháo lưu lượng thi công phải đào đường hầm hoặc kênh dẫn dòng, do đó thực tế không có lợi.

- Điều kiện giao thông: trạm đặt tốt nhất là phải gần tuyến giao thông hoặc nếu có phải làm thêm đường giao thông vào trạm thì phí tổn không nhiều lắm.

- Vật liệu xây dựng: tốt nhất là khai thác vật liệu tại chỗ như đá, sỏi, cát, gỗ, tre và đất đắp đập...

Trong công tác khảo sát cần phải xét đầy đủ các nguyên tắc trên để lựa chọn phương án khai thác, phương án bố trí thật phù hợp với tình hình địa phương; yêu cầu khi khảo sát cần cố gắng xác định phương án để có thể giảm bớt công tác đo đạc. Nếu các yếu tố địa hình, địa chất phức tạp, không thể dự kiến ngay được phương án hợp lý thì cần phải khảo sát tất cả các phương án để so sánh đạt được mục đích hợp lý về kinh tế, vận hành được thuận lợi.

1.6. CÔNG TÁC ĐIỀU TRA CƠ BẢN

1.6.1. Điều tra thủy văn, khí tượng và đo đạc thủy văn

Đối với cán bộ xây dựng trạm thủy điện, đây là một vấn đề tương đối khó khăn. Vì nói chung trạm nhỏ xây dựng ở thượng lưu dòng sông hoặc ở trên sông nhánh nên tài liệu thủy văn rất thiếu thốn và công tác khảo sát cũng rất khó. Mục đích khảo sát thủy văn là cung cấp tài liệu đầy đủ cho tính toán thủy văn để xác định lưu lượng thiết kế của trạm, lưu lượng nước lũ thiết kế và các mực nước đặc trưng... Khảo sát thủy văn bao gồm hai mặt: điều tra và đo đạc. Dưới đây giới thiệu một số công tác khảo sát thủy văn cần thiết cho thiết kế trạm thủy điện nhỏ.

1. Điều tra nước lũ. Dùng cho nhiều mục đích như căn cứ vào nước lũ để xác định kích thước công trình ngăn nước, cao trình của công trình thủy công (cao trình cửa van của cửa lấy nước...), cao trình sân buồng máy phát điện của nhà máy, cao trình lắp tuốcbin (tuốcbin xung kích). Cũng cần biết tình hình diễn biến mực nước hạ lưu để xác định cột nước của trạm. Ngoài ra cần xác định lưu lượng lớn nhất có thể xảy ra trong thời kì thi công để quyết định phương pháp thi công.

Xác định lưu lượng lũ không thể dùng một cách máy móc các công thức kinh nghiệm giới thiệu trong thủy văn học của các nước, vì phần lớn nó phản ánh đặc điểm của các vùng nước ngoài, nên rất có thể không phù hợp với tình hình các vùng của Việt Nam.

Tìm ra lưu lượng lớn nhất rất quan trọng vì nó quyết định kích thước chủ yếu của công trình như kích thước đường tràn, mặt cắt ngang kênh dẫn dòng thi công và độ cao dề quai. Nếu định ra lưu lượng sai lệch nhiều với thực tế, trong vận hành sẽ gặp khó khăn, thi công trở nên phức tạp thậm chí không tiến hành được. Do đó khi khảo sát phải tìm cho được tài liệu lưu lượng lũ.

Muốn tìm được trị số lưu lượng nước lũ khi khảo sát phải tìm được mực nước lũ cao nhất, độ dốc lũ, mặt cắt lũ, tính chất lòng sông... ở gần trạm, hoặc tốt nhất có thể thực đo được vài lần lưu lượng ở mực nước tương đối cao để tính ngược ra độ nhám. Như vậy có thể định ra một cách tương đối chính xác lưu lượng của nước lũ. Nhưng cần phải thận trọng vì mực nước lũ và độ dốc lũ rất dễ điều tra sai. Phải tìm được mực nước lũ của cùng một cơn lũ ở thượng hạ lưu của trạm, tìm ra độ dốc của lũ để suy ra lưu lượng lũ. Điều tra nhiều lần cho đến khi nào kết quả được coi là tương đối chính xác mới thôi.

2. Tìm hiểu sự diễn biến lưu lượng trong năm của dòng sông. Trước hết cần đặc biệt chú ý điều tra lưu lượng kiệt, qua đó đánh giá được mức độ bổ sung của nước mạch vào dòng chảy.

Sự bổ sung này có ảnh hưởng lớn đến tình hình diễn biến lưu lượng trong sông. Nếu nước mạch bổ sung tương đối nhiều, thì lưu lượng trong sông nói một cách tương đối là không diễn biến nhiều lắm, rất có lợi cho việc lựa chọn công suất lắp máy của trạm. Lưu lượng kiệt có liên quan với tình hình địa chất thủy văn, chúng tôi sẽ nói kĩ trong mục địa chất.

Muốn có kết quả tính toán thủy văn chính xác thì cần phải tìm hiểu sơ bộ tình hình diễn biến lượng nước trong năm và trong nhiều năm. Việc điều tra lưu lượng kiệt của các sông nhỏ tốt nhất tiến hành trong thời kì không có dòng chảy trên mặt đất. Thời kì nước kiệt từ tháng 10 đến tháng 3 có thể coi là thích hợp nhất để tiến hành.

Điều tra tình hình diễn biến lượng nước trong năm, trong nhiều năm, lưu lượng kiệt, mực nước lũ... trước hết cần dựa vào ý kiến của nhân dân địa phương phối hợp với các vết tích còn lưu lại ở đó. Sau đó tiến hành công tác đo đạc mới tìm được kết quả vừa ý.

Ví dụ, muốn biết mùa nước kiệt con sông đó có bị khô kiệt không, thì có thể hỏi thăm nhân dân dùng nước ở đó. Ngoài ra muốn biết lượng nước diễn biến trong năm, lưu lượng kiệt lớn hay nhỏ và thời gian kiệt... đều có thể gặp các ngành dùng nước và nơi có guồng nước ở thượng hạ lưu sông để điều tra. Vì người dân ở đó có thể nhớ rõ khi nào lượng nước ít nhất ảnh hưởng đến guồng nước, hơn nữa họ cũng còn có thể so sánh lượng nước mùa kiệt và lượng nước xuất hiện. Nếu có lưu lượng đo đạc thực tế đem so sánh sẽ biết được tương đối rõ lưu lượng mùa kiệt.

3. *Điều tra suối nước mạch.* Sự diễn biến lượng nước trong năm, thời gian kéo dài lưu lượng kiệt, quan hệ giữa lượng nước mạch và nước mưa... đều liên quan tới nước ngầm. Khi xây dựng trạm thủy điện nhỏ không thể tiến hành nhiều về công tác địa chất thủy văn, nên phải dựa vào điều tra mà tìm hiểu tình hình ổn định của nước mạch và khả năng lợi dụng nó để phát điện. Việc điều tra này chủ yếu dựa vào nhân dân quanh đó để tiến hành. Nếu kết quả vẫn chưa đủ để xác minh lượng nước mạch và sự diễn biến của nó, thì cần phải điều tra số lượng suối nước mạch, đo lượng nước chảy dồn lên rồi thống kê tổng lưu lượng.

4. *Đo đạc thủy văn tại chỗ.* Để phối hợp với điều tra tìm ra các trị số của dòng chảy, ví dụ như khi đo đạc để phối hợp với điều tra tìm mực nước lũ, mực nước kiệt, thì tốt nhất là đo một hai lần lưu lượng khi mực nước tương đối cao và tương đối thấp để tiện cho việc suy ra độ nhám lòng sông, lưu lượng lũ và lưu lượng kiệt.

Khi đo lưu lượng phải lấy tài liệu ở gần đó như: độ dốc mặt nước khi đo lưu lượng, mặt cắt lòng sông, tình hình lớp phủ lòng sông...

5. *Điều tra tình hình rác bẩn và bùn cát.* Mục đích để dự tính khả năng bồi lấp kênh dẫn, thời hạn sử dụng hồ chứa, hiện tượng bào mòn tuốcbin. Ở những sông không có sản tài liệu thực đo, khi khảo sát phải chú ý đầy đủ tài liệu này, phải nắm được hàm lượng cát của sông, thành phần các hạt. Nếu bùn cát nhiều, làm hồ điều tiết ngày đêm không có lợi, vì dung tích hồ nhỏ nên sau một thời gian ngắn hồ chứa sẽ bị bồi lấp và mất tác dụng điều tiết. Sông có cát thạch anh hạt từ 2mm trở lên, nếu không có biện pháp ngăn ngừa, tuốcbin sẽ chóng hỏng vì bị cát mài mòn.

- Tài liệu khí tượng dùng cho tính toán thủy văn, tính kết cấu, lựa chọn thiết bị điện, thiết bị thông gió của buồng máy.

Việc tính toán kết cấu và phân tích thủy văn trong thiết kế nhà máy cần các tài liệu khí tượng sau:

a) Lượng mưa và lượng bốc hơi: khi phân tích thủy văn nếu không có tài liệu ghi mực nước và lưu lượng thực đo mà muốn biết được tình hình thay đổi của dòng chảy thì có thể lợi dụng tài liệu đo mưa và quan hệ giữa dòng chảy với lượng mưa để tính ra.

Lượng bốc hơi để tính tổn thất bốc hơi ở hồ chứa. Hai số liệu này rất khó tìm trong khảo sát mà phải tìm trong các tài liệu chính biên khí tượng ở các lưu vực.

b) Nhiệt độ cao nhất, thấp nhất, tốc độ gió lớn nhất, hướng gió: các tài liệu này có thể thu thập được khi khảo sát, kết hợp với điều tra nhân dân địa phương. Các tài liệu này dùng để thiết kế kênh dẫn, ống áp lực, nhà máy...

1.6.2. Đo đạc địa hình

Tài liệu này cần thiết khi thiết kế và thi công trạm. Nội dung như sau:

1. *Bản đồ địa hình lưu vực*: tỉ lệ 1: 50 000 ÷ 1: 100 000, căn cứ vào bản đồ này tính diện tích lưu vực. Nếu sông định xây trạm đã có đủ tài liệu thủy văn hoặc diện tích lưu vực đã biết thì không cần tài liệu này.

2. *Bản đồ địa hình khu vực xây dựng*: tỉ lệ 1: 10 000 ÷ 1: 25 000 để xác định vị trí mặt bằng của khu vực có quan hệ đến việc xây trạm. Trên bản đồ phải chỉ rõ vị trí trạm thủy điện, bố trí các công trình thủy công mới, cũ của khu vực và phạm vi khu vực cung cấp điện.

3. *Bản đồ địa hình trong phạm vi công trình*: tỉ lệ 1: 500, phạm vi bản đồ này phải bao gồm đủ vị trí để có thể tiến hành so sánh, chọn các công trình thủy công (như cửa lấy nước, kênh, nhà máy...). Có thể khi khảo sát tùy theo địa hình thay đổi, người thiết kế sơ bộ định ra các phương án để quy định phạm vi đo đạc.

4. *Mặt cắt dọc sông*: nói lên đặc điểm tập trung cột nước của đoạn sông xây trạm và định độ dốc lòng sông trong tính toán các trị số của dòng chảy. Mặt cắt dọc này cần ghi rõ mực nước sông, cao trình đáy sông, cửa lấy nước, nơi tháo nước ra, chỗ sông chảy xiết, vị trí các công trình thủy công sẵn có. Phải ghi rõ trên mặt cắt vị trí cửa lấy nước của trạm và chỗ nước chảy ra sau trạm...

Tỉ lệ tung độ và hoành độ của mặt cắt căn cứ vào tình hình cụ thể mà chọn cho thích hợp.

5. *Bản đồ địa hình ở khu vực kênh dẫn*. Sau khi phương án đã định, nếu trạm là kiểu đường dẫn thì phải định ra mặt cắt dọc của kênh để dùng cho thiết kế. Mặt cắt này phải ghi rõ cao trình mặt đất thiên nhiên, cao trình đáy kênh phải đào, cao trình mặt nước kênh, vị trí cống xả lũ... Trên bình đồ ghi rõ vị trí cửa lấy nước của trạm, bể áp lực, ống dẫn nước áp

lực, nhà máy, kênh xả mà trong khi khảo sát dự định bố trí. Khi khảo sát tốt nhất nên định sơ bộ một số vị trí thích hợp, ghi rõ trên bình đồ và mặt cắt để tham khảo trong thiết kế.

6. *Đo mặt cắt ngang ở hạ lưu nhà máy.* Để xác định sự thay đổi mực nước hạ lưu trạm và xác định cột nước thiết kế của trạm. Trên đó phải ghi rõ mực nước lũ và mực nước kiệt trong sông, ghi rõ ngày tháng năm phát sinh lũ, rồi phối hợp với thủy văn để tính khả năng nước qua đó và vẽ ra đường quan hệ lưu lượng và mực nước của mặt cắt.

7. *Bản vẽ mặt cắt ngang lòng sông chỗ tuyến đập hoặc tuyến trạm.* Để so sánh các phương án, tính toán kích thước công trình chắn nước, xác định khối lượng công trình cần phải do mặt cắt này, trên đó ghi rõ cao trình lũ, ngày tháng năm phát sinh lũ, mực nước kiệt, mực nước lúc đo đạc...

Nếu trạm kiểu đường dẫn không đập thì không cần bản vẽ này.

8. *Đo vùng ngập của hồ chứa.* Trạm điều tiết ngày, đêm, mùa, phải tiến hành đo đạc để vẽ đường quan hệ dung tích với mực nước, kết hợp tìm hiểu diện tích ngập.

9. *Kiểm tra địa hình cũ.* Nên tận dụng dùng bản đồ cũ, nếu không có mới phải đo đạc bản đồ địa hình, đặc biệt đối với bản đồ địa hình tỉ lệ nhỏ 1: 10 000 ÷ 1: 25 000. Nếu tỉ lệ bản đồ cũ với yêu cầu không khác nhau nhiều, đều có thể dùng được. Chẳng hạn bản đồ địa hình lưu vực và bản đồ địa hình khu vực xây dựng công trình đều có thể dùng từ bản đồ địa hình quân sự có tỉ lệ tương ứng. Đối với những bản đồ cũ này nếu phát hiện nghi vấn thì khi khảo sát cần phải kiểm tra lại cho chính xác.

1.6.3. Công tác thăm dò địa chất

Đối với trạm thủy điện nhỏ chỉ cần yêu cầu làm một số công tác địa chất công trình và địa chất thủy văn đơn giản dưới đây:

1. *Địa chất công trình.* Đối với trạm có công suất 100 ÷ 200kW thường gặp một số khó khăn là: nền công trình có độ thấm quá cao, công trình lún không đều, công trình không đủ tính ổn định chống trượt, trong dải đất bố trí công trình có hiện tượng sạt lở...

Nước thấm quá mạnh sẽ làm cho lượng nước của kênh, của hồ tổn thất nhiều, hơn nữa làm mất tính ổn định của nền đập, của công trình đầu mối, bể áp lực, sườn núi có kênh dẫn đi qua, nhà máy chịu áp lực nước... Nguyên nhân nước thấm quá mạnh có thể do khu vực xây dựng công trình có nền nham thạch bị vụn vỡ nghiêm trọng hoặc đất có tính thấm lớn. Nếu nền công trình bị tác dụng hoà tan hoá học thì sau khi xây dựng tính ổn định của công trình có thể bị giảm đi.

Đối với công trình chịu áp lực nước như đập, nhà máy kiểu lòng sông... thì tính ổn định của nó bị phá hoại khi lực đẩy ngang lớn hơn lực chống trượt trong nền. Vì vậy đối với công trình chịu áp lực, tính ổn định quyết định bởi lực ma sát của mặt đáy công trình và lực chống trượt của đất nền (lực ma sát và lực dính). Nếu trong đất nền có tầng đất sét nằm

ngang, có thể là một nguyên nhân gây phá hoại tính ổn định của công trình, vì chỗ tiếp giáp giữa 2 loại đất là chỗ dễ trượt nhất.

Nguyên nhân gây ra tình trạng công trình bị lún không đều có thể do trong nền công trình có tầng đất có độ lún rất lớn (phù sa bồi, đất bùn, đất sét ở trạng thái dẻo hay nhão). Những vùng có đất loại hoàng thổ cần phải chú ý, vì loại đất này vốn lún nhiều, độ rỗng lớn có lẫn chất đá vôi, vôi bùn. Công trình xây trên nền này không bảo đảm vì khi đó nền sẽ ngấm nước gây lún. Nhất là khi tình hình địa chất dưới nền phân bố phức tạp công trình rất dễ bị lún không đều.

2. *Địa chất thuỷ văn.* Gồm các mặt: điều tra tình hình nước ngầm bổ sung cho nước trong sông, tình hình ổn định của nước ngầm, quan hệ giữa mặt nước trong kênh dẫn với mặt nước ngầm, tính chất nghiêm trọng của việc làm cho đất bị mặn hoá do mực nước ngầm bị nâng cao sau khi xây dựng công trình thuỷ công, tính xâm thực của nước ngầm hoặc nước sông đối với bê tông...

Khi phân tích thuỷ văn, nếu không đánh giá đầy đủ ảnh hưởng của nước ngầm đối với lượng dòng chảy trong sông thì sẽ gây ra sai lầm khi tính toán lưu lượng trong sông đó, nhất là khi ước tính lưu lượng nhỏ nhất thì dễ mắc sai lầm lớn. Khi phân tích thuỷ văn áp dụng phương pháp tương tự để suy ra dòng chảy, nếu ở vị trí xây dựng công trình không có tài liệu thuỷ văn, mà muốn lợi dụng tài liệu thực đo của trạm thuỷ văn ở gần đấy để suy ra nó theo phương pháp tỉ lệ diện tích lưu vực, thì phải xét đến ảnh hưởng của nước ngầm đối với lượng nước trong sông, lượng nước ngầm này không những quan hệ với tình hình địa hình địa chất mà nó còn quan hệ với độ sâu của lòng sông. Đối với các sông nhỏ, ngòi lạch của miền núi thường lòng sông chỉ có nước mưa bổ sung dòng chảy mà thôi, nó thuộc loại sông có tính gián đoạn, có lúc khô kiệt. Các sông nhỏ mà lòng sông xuyên qua tầng nước ngầm sâu nhất là loại sông quanh năm có nước, ở giữa 2 trường hợp cực đoan này còn có vô số loại sông nằm ở khoảng trung gian mà nguồn nước bổ sung là nước ngầm. Thường hạ lưu của một triển sông được cung cấp nước ngầm tương đối lớn, nên khi dùng tài liệu của đoạn sông hạ lưu để ước tính lưu lượng kiệt cho đoạn sông thượng lưu theo nguyên lí tương tự thì thường kết quả tìm được lớn hơn thực tế. Ngược lại căn cứ vào tình hình nước ngầm của đoạn sông thượng lưu để tìm lưu lượng kiệt của đoạn sông hạ lưu thì thường nhỏ hơn thực tế.

Trong khu vực xây dựng công trình cần phải điều tra rõ nước ngầm để định lượng nước chảy vào hố móng, chọn thiết bị tiêu nước, lực đẩy của nước ngầm vào đáy công trình. Ngoài ra còn xem tính chất hoá học của nước ngầm có ảnh hưởng đến bê tông không.

Các tài liệu thu được trong công tác thăm dò địa chất cần phải đủ để quyết định được các vấn đề sau: điều kiện ổn định công trình, năng lực chịu tải trọng của nền, độ dốc cho phép của mái công trình, điều kiện tiêu nước của hố móng, lượng ngấm dưới nền, tính xâm thực của nước ngầm, ảnh hưởng có thể xảy ra sau khi nâng cao mực nước ngầm...

1.6.4. Điều tra tình hình dùng nước tưới

Cần phải quan tâm đến việc dùng nước của các ngành khác. Đối với trạm thủy điện nhỏ thì điểm quan trọng nhất là cần thoả mãn nhu cầu nước tưới. Nói chung không ảnh hưởng đến sản xuất nông nghiệp. Còn các yêu cầu dùng nước khác đối với trạm thủy điện nhỏ thường không quan trọng lắm. Ví dụ nước dùng cho công nghiệp, cho vận tải thủy ở trên các sông nhỏ thường không yêu cầu lớn. Nước dùng cho nhân dân và vận chuyển gỗ nữa ảnh hưởng không lớn với thủy điện. Ở đây nghiên cứu nội dung điều tra nước dùng cho tưới là chủ yếu. Khi tiến hành công tác này ta cần chú ý mấy điểm sau:

1. *Diện tích tưới, lượng nước tưới và mùa tưới.* Nếu không điều tra được đường quá trình nước tưới thì cần phải điều tra được diện tích tưới, chế độ tưới, định mức tưới, loại hoa màu của khu tưới...

Khi ở thượng và hạ lưu sông xây dựng trạm thủy điện không có yêu cầu nước tưới thì không phải điều tra vấn đề này.

2. *Vị trí kênh tưới, vị trí cống lấy nước của kênh tưới (hoặc vị trí trạm bơm).* Vị trí cống tháo nước vào ruộng của kênh tưới ở gần trạm thủy điện và vị trí cống lấy nước của các ngành dùng nước khác. Để lợi dụng tổng hợp được tốt khi lựa chọn phương án cần phải chiếu cố đầy đủ đến lợi ích của hai mặt là tưới và phát điện. Chẳng hạn khi xây dựng xong nhà máy thì ảnh hưởng gì đến việc sử dụng bình thường công trình dẫn nước, tiêu nước của khu vực tưới hay không. Vấn đề này cần phải được xem xét đầy đủ ngay khi tiến hành khảo sát.

Điều tra tình hình dùng nước tưới không phải chỉ là để hiểu rõ tình hình dùng nước tưới trước kia mà còn phải tìm hiểu tình hình phát triển tưới sau này để xác định lưu lượng phát điện của trạm thủy điện được chắc chắn. Nếu không chú ý đến tình hình phát triển diện tích tưới thì rất có thể sau vài năm không bảo đảm được lượng nước dùng cho trạm nữa.

1.6.5. Điều tra tình hình dùng điện và khảo sát đường dây tải điện

Điều tra tình hình dùng điện là để xác định mức cần thiết xây dựng trạm và quy mô xây dựng trạm. Nó phản ánh đầy đủ trong nhu cầu dùng điện, trong con số phụ tải, mức độ bức thiết của nhu cầu đối với công trình đó. Phụ tải của trạm thủy điện nhỏ gồm bơm nước tưới, gia công nông sản (xay gạo, ép dầu, tuốt lúa...), thắp sáng cho thị trấn và nông thôn. Không những đối với các loại phụ tải cho nhu cầu trước mắt mà cả khả năng phát triển sau này cũng cần phải điều tra rõ.

Muốn tìm được tài liệu về tình hình dùng điện của nhà máy trước hết phải xác định được khu vực dùng điện. Có thể xác định được dựa theo bán kính cung cấp điện R lấy trạm làm trung tâm.

Điện áp (10^3V)	Bán kính cung cấp điện R (km)
6	$10 \div 12$
10	$16 \div 18$
35	$35 \div 40$

Khi thiết kế lưới điện phải do tính toán phân điện chuyên môn và tính kinh tế mà sửa lại, khẳng định phạm vi cung cấp điện của đường dây cao áp.

Những tài liệu dùng điện cần phải thu thập:

1. *Đối với ngành bơm nước tưới ruộng cần xác định:* vị trí và phạm vi khu vực tưới, vị trí trạm bơm, diện tích tưới, lượng nước tưới cho hoa màu và đường quá trình dùng nước (ví dụ đường quá trình năm tính theo tuần), bởi vì phải căn cứ vào vị trí trạm bơm để xác định cự li tải điện, phải căn cứ vào lượng nước dùng, đường quá trình dùng nước và cao độ bơm nước để xác định công suất điện và tổng điện lượng cần sử dụng.

2. *Đối với hộ điện gia công nông sản phẩm cần xác định:* mùa gia công các loại nông sản và lượng gia công hàng năm, công suất các loại thiết bị gia công hiện có, tình hình sử dụng, kế hoạch phát triển sau này.

3. *Các hộ dùng điện khác:* đối với thị trấn nhỏ, nông thôn dùng điện, đèn cần phải hiểu rõ số hộ gia đình và dân số, nhu cầu thực về lượng điện dùng thấp sáng cho các trường học, cơ quan, cửa hàng...

Ngoài xưởng gia công nông sản, trong thị trấn có thể có các xưởng sửa chữa máy móc, trạm cơ khí nhỏ... phải điều tra rõ ràng.

Việc thu thập các tài liệu này nói chung có thể căn cứ vào tài liệu thống kê của UBND huyện, thị trấn, sau đó tiến hành tìm hiểu tình hình cụ thể có trọng điểm. Kết quả điều tra phụ tải phải được chỉnh lí thành bảng phụ tải dòng điện của địa phương để sau dùng cho việc vẽ đường phụ tải khi thiết kế, chọn các thiết bị và xác định phương pháp vận hành nhà máy cho tốt.

Đối với các tài liệu gốc để thiết kế các thiết bị về điện của trạm cần phải do bản thân người thiết kế tự đi điều tra thu thập vì những nguyên nhân sau:

1. Trong phạm vi cung cấp điện thường không có bản đồ địa hình (tỉ lệ 1:2000 ÷ 1:5000) thật chính xác. Dù có thì địa vật trên bản đồ cũng không rõ, không đủ, do đó không thể định ra chính xác tuyến đường dây và độ dài của đường dây.

2. Tình hình phân bố nhà cửa, cây cối trong các thị trấn, thôn xóm thế nào thì người thiết kế phải đi điều tra và ghi lại mới phản ánh được rõ ràng lên bản đồ thiết kế.

3. Tình hình địa chất trong khu vực cung cấp điện, tình hình nước ngầm cũng như tính chất thổ nhưỡng xung quanh trạm biến áp, nhà máy đều phải tự mình đi điều tra qua đó xác định các số liệu về điện trở suất và suất dẫn điện của đất.

4. Phạm vi cung cấp điện có liên quan đến khả năng phát điện, số lượng hộ dùng điện, khoảng cách tới nhà máy, tình hình thu nhập, tổ chức của nhân dân địa phương.

Nếu chưa có tài liệu gốc chắc chắn và toàn diện mà đã bắt tay thiết kế và thi công thì kết quả sẽ nhất định không tốt. Chẳng hạn chỉ bao quát các trạm biến áp của các thôn mà không thiết kế và dự toán đến đường dây hạ áp trong thôn, thậm chí ngay cả trạm biến áp

cũng không phù hợp tình hình thực tế, do đó mà sau khi bản thiết kế và dự toán đã được phê chuẩn lại phải tăng thêm dự toán và sửa lại thiết kế. Ngoài ra còn có trường hợp phạm vi cung cấp điện không thoả đáng cũng dẫn tới phải sửa lại thiết kế và tăng thêm dự toán. Muốn xác định phạm vi cung cấp điện, cỡ dây, cũng như để ước tính vật liệu và làm dự toán cần phải điều tra rõ tên xã dùng điện, số hộ, hợp tác xã nông nghiệp, cự li đến nhà máy...

Để xác định dây điện to nhỏ và sự phối hợp dùng điện, phải điều tra tên các máy động lực của hộ dùng điện, cách dùng, tổng số công suất, công suất của động cơ lớn nhất. Vị trí đặt, số hiệu cột điện, góc độ giao nhau...

Để thiết kế đường dây hạ áp, xác định vật liệu của dây hạ áp phải khảo sát đường dây hạ áp (trong thôn), xác định trên bản đồ vị trí đường dây hạ áp tổng chiều dài và số cột điện...

Để thiết kế các thiết bị tiếp địa, xác định suất dẫn điện của đất trong khu vực cung cấp điện cần phải điều tra rõ tính chất đất, cấu tạo địa tầng, mực nước mạch, tên đất của tuyến đường dây hạ áp, cao áp và trạm biến áp.

Để xác định độ võng lớn nhất của đường dây, khoảng cách cột điện, phải tìm hiểu tài liệu về tình hình khí tượng của địa phương như tốc độ gió lớn nhất, lượng mưa năm...

Cuối cùng điều tra tình hình vật liệu cũ còn có thể lợi dụng được như cột gỗ, đá phiến, những sắt bỏ đi và những dụng cụ cũ về điện để trừ bị dùng làm cột điện, vật tiếp địa...

1.6.6. Điều tra các công trình thuỷ công sẵn có

Trong thiết kế xây dựng công trình mới cần phải xét đến sự quan hệ với công trình đã xây dựng. Nội dung điều tra bao gồm:

1. Ở những nơi có công trình tưới, khi chọn vị trí nhà máy của trạm cần lợi dụng mực nước chênh lệch của công trình đó.
2. Tình hình thiết kế các công trình đã xây dựng bao gồm kết quả phân tích thuỷ văn trong thiết kế, lượng nước dùng thiết kế, những vấn đề kết luận trong thiết kế, những số liệu thiết kế công trình, tài liệu địa chất, vật liệu dùng xây dựng và nguyên nhân chọn...
3. Những vấn đề phát sinh và nguyên nhân phát sinh sau khi công trình đã vận hành, cách xử lý và hiệu quả, ý kiến phản ánh của nhân dân.

1.6.7. Điều tra vật liệu xây dựng, nhân công và giao thông vận tải

1. *Vật liệu.* Khối lượng vật liệu của trạm thuỷ điện nhỏ tuy không nhiều lắm, song vẫn cần tìm hiểu tình hình các vật liệu cần dùng cho xây dựng công trình mà ở địa phương có, tình hình trữ lượng và điều kiện khai thác vận chuyển, giá cả, tiền vận chuyển... Khi điều tra cần chú ý tình hình sử dụng vật liệu của các công trình đã xây dựng. Vật liệu nên khai thác ngay ở nơi xây dựng để hạ giá thành công trình.

2. *Nhân lực*. Tìm hiểu vùng xây dựng có lực lượng kỹ thuật về mặt lắp máy, công nhân kỹ thuật có thể điều động không. Ngay cả thợ nề, thợ mộc và nhân công thường cũng phải chú ý thích hợp.

3. *Giao thông vận tải*. Chủ yếu làm tài liệu dùng cho dự toán thiết kế và thiết kế tổ chức thi công. Nói chung các bộ phận của trạm thủy điện nhỏ không nặng lắm, vấn đề vận chuyển không lớn. Chủ yếu khoảng cách từ địa điểm xây dựng trạm đến đường cái lớn, nếu không có đường chạy thẳng đến nơi xây dựng thì cần xét đến biện pháp vận chuyển máy móc đến công trình như thế nào.

1.7. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP ĐO ĐẠC ĐƠN GIẢN

Các mục trên đã trình bày nội dung điều tra về các mặt trước khi xây dựng công trình. Dưới đây trình bày một số phương pháp đo đạc đơn giản về các mặt: địa hình, thủy văn, địa chất.

1. *Đo địa hình*. Phương pháp đơn giản là dùng máy kinh vĩ tuyến đo khoảng cách khép kín và đo mặt cắt ngang, dọc bằng máy thăng bằng loại nhỏ. Tuy độ chính xác có thấp nhưng nếu không sai lắm trong khi đo thì cũng đã đủ dùng làm tài liệu xây dựng trạm thủy điện nhỏ.

Trước hết phải xác định được tuyến khống chế, có thể phân làm 3 bước:

- Chọn điểm: quan sát bằng mắt toàn bộ khu vực đo. Chọn điểm tuyến dẫn, tìm chỗ cao khống chế được diện tích rộng. Mỗi cạnh tuyến dẫn tối đa 300m. Tuyến dẫn có thể kết hợp với điểm tam giác, điểm thăng bằng được thì càng tốt. Nếu không thì tự khép kín rồi kiểm tra xem sai số có vượt quá phạm vi cho phép không. Tại điểm tuyến dẫn đóng cọc gỗ dài $25 \div 50\text{cm}$, to $3 \div 5\text{cm}$, trên đó đóng 1 đinh con làm tâm đo và đánh dấu bằng sơn đỏ.

- Đo cạnh và góc: đo bằng máy kinh vĩ, đặt máy ở trên cọc giữa, máy đặt đúng trên đỉnh giữa mặt cọc. Đo khoảng cách giữa 2 cọc ở 2 bên máy, phải đo 2 lần. Chênh lệch giữa 2 lần đo không được vượt quá 1% chiều dài của cạnh tuyến dẫn.

Đo góc cũng tiến hành cùng với đo cạnh bằng máy kinh vĩ. Máy kinh vĩ đo góc thích hợp nhất là loại có số đọc nhỏ nhất từ 1 phút đến 20 giây. Mỗi góc phải đo 1 trắc hồi (đo bên trái 1 lần bên phải 1 lần). Chênh lệch giữa 2 số đọc không được vượt quá phạm vi cho phép.

- Đo cao trình đỉnh cọc: cũng đo đồng thời khi đo cạnh, lấy cao trình đỉnh cọc của điểm tuyến dẫn làm căn cứ để khống chế cao trình của địa hình. Để kiểm tra việc đo cao trình, điểm tuyến dẫn phải xem có khép kín và nằm trong mức độ sai số cho phép không. Sai số cho phép khi đo cao trình bằng phương pháp khoảng cách của máy kinh vĩ tính theo công thức:

$$\Delta h = \pm 0,04 \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Trong đó:

S - chiều dài toàn bộ tuyến dẫn, đơn vị tính bằng 100m;

n - số cạnh của tuyến dẫn.

Công thức trên sử dụng thích hợp khi chiều dài vòng khép kín tuyến dẫn không quá 1km, góc nghiêng tuyến dẫn không quá 5° .

Sau khi hoàn thành ở thực địa, phải tiến hành công việc trong phòng, vẽ điểm tuyến dẫn lên trên giấy tọa độ, sai số cho phép khi tính vòng tuyến dẫn khép kín góc theo công thức:

$$f_w = \pm 1,5t\sqrt{n}$$

Trong đó:

f_w - sai số cho phép của vòng khép kín, cùng đơn vị với t;

t - số đọc nhỏ nhất của máy quan trắc;

n - số cạnh tuyến dẫn.

Nếu tuyến dẫn không khép kín, nhưng sai số trong phạm vi cho phép thì có thể tiến hành tính chia đều sai số, phân phối đều cho các điểm tuyến dẫn. Để tránh tình trạng tính toán xong lại không đảm bảo độ chính xác cho phép phải đo đạc lại thì ngay khi đo đạc phải đảm bảo độ chính xác của từng đoạn một.

Sau khi định được điểm tuyến dẫn trên bản đồ, bắt đầu tiến hành đo địa hình. Khi đo tốt nhất là vẽ đường đồng mức ngay thực địa, thường xuyên tìm chỗ sai để sửa chữa kịp thời.

Nếu tỉ lệ bản đồ 1:1000 thì khoảng cách giữa các điểm địa hình không quá 20m, nếu tỉ lệ 1:500 thì khoảng cách không được quá 10m.

Trong công tác đo địa hình cần tiến hành đo cả mặt cắt dọc và ngang sông nơi định xây trạm. Vì 2 mặt cắt này có quan hệ tới việc chọn đoạn sông khai thác và việc bố trí công trình trạm.

2. *Đo đạc thủy văn.* Gồm đo mặt cắt nước lũ, lưu lượng và độ dốc mặt nước khi lũ, đo mặt cắt sông mùa cạn, lưu lượng và độ dốc mặt nước mùa cạn.

Lưu lượng có thể tính theo công thức: $Q = \omega v$ (m^3/s)

Các trị số ω là diện tích mặt cắt sông nơi định đo, v là tốc độ trung bình của dòng chảy ở mặt cắt định đo, hai trị số này đều có thể tiến hành đo đạc được.

Tốc độ dòng chảy có thể đo bằng phao hoặc bằng lưu tốc kế. Khi chọn mặt cắt đo lưu lượng nên chọn những đoạn sông thẳng, chiều rộng cũng như chiều sâu đều không có gì biến đổi lớn, chiều dài phải lấy từ 3 đến 6 lần chiều rộng. Nếu đoạn sông có cỏ mọc nhiều phải dọn đi. Lưu tốc kế sử dụng thích hợp trong phạm vi chiều sâu nước không nhỏ hơn 0,15 - 0,2m, vận tốc dòng nước không nhỏ hơn 0,1 - 0,15m/s và không lớn hơn 3m/s.

Cách đo: Chia mặt cắt sông ra làm 1 số phần, khoảng cách các điểm đo không nên lớn hơn 1/10 chiều rộng của sông, ở mỗi phần đều dùng lưu tốc kế để đo lưu tốc. Trên mỗi tuyến đo tùy theo nước sông nông hay sâu cách mặt nước bằng 0,6 lần chiều sâu nước trong sông, thích hợp với chỗ nước sâu không quá 0,6m. Nếu sâu quá dùng phương pháp 2 điểm đo 2 vị trí: dưới mặt nước 0,2m và 0,8m.

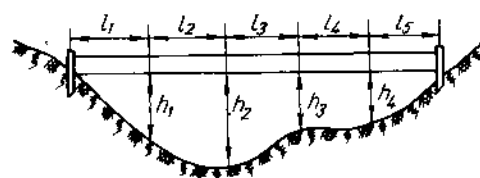
Sau khi đã tìm được lưu tốc trung bình trên tuyến đo, thì lưu tốc ở các mặt cắt tại phần giữa 2 tuyến đo là trị số trung bình của các lưu tốc trung bình của 2 tuyến đo. Lấy trị số lưu tốc trung bình từng phần mặt cắt giữa 2 tuyến đo nhân với diện tích mặt cắt từng phần sẽ nhận được lưu lượng từng phần. Dem cộng dồn lưu lượng các phần sẽ được lưu lượng qua mặt cắt đo đạc.

Với những sông có chiều rộng dưới 20m, trong trường hợp không có lưu tốc kế cũng có thể đo tốc độ dòng chảy bằng phao.

Cách đo: tại đoạn sông định đo bố trí 3 mặt cắt. Lấy mặt cắt thứ hai là chủ yếu. Đánh dấu các mặt cắt trên bờ bằng cọc gỗ hoặc bằng các dấu hiệu khác. Khoảng cách các mặt cắt phải đảm bảo khoảng 1 - 2 lần chiều rộng của sông xuôi. Cách mặt cắt thứ nhất 5 ÷ 10m bố trí thêm 1 mặt cắt thả phao để cho khi phao trôi đến mặt cắt thứ nhất thì lưu tốc phao bằng với lưu tốc trên mặt nước sông. Sau đó ta căng qua sông 1 sợi dây thép hoặc dây thừng để đo chiều sâu nước ở mặt cắt chính. Trên dây khoảng 2 ÷ 5m (tùy chiều rộng sông) đặt một điểm đo đánh dấu bằng sơn hoặc buộc 1 sợi dây nhỏ. Khi đo dùng sào có đường kính từ 4 ÷ 6cm, dài 5 ÷ 6m, sơn trắng cứ cách mỗi đoạn 1 ÷ 5cm vạch một vạch đỏ, chữ số viết bằng sơn đen. Căn cứ vào chiều sâu đo được ở các điểm, ta vẽ mặt cắt tìm diện tích tiết diện ướt. Vì lòng sông không có hình dạng nhất định, khi tính diện tích mặt ướt phải cộng từng phần diện tích lại. Mỗi phần diện tích đó coi như gần với hình dạng chữ nhật, hình thang, tam giác mà tính (hình 1.9)

$$\omega = l_1 \frac{h_1}{2} + l_2 \frac{(h_1 + h_2)}{2} + l_3 \frac{(h_2 + h_3)}{2} + l_4 \frac{(h_3 + h_4)}{2} + l_5 \frac{h_4}{2} \quad (\text{m}^3)$$

Đo lưu tốc bằng phao cần phải dựa vào tính chất dòng nước. Khi lưu tốc lớn mà chiều rộng sông không quá 20m để tìm lưu tốc trung bình của cả dòng sông, chỉ cần đo lưu tốc lớn nhất trên mặt là đủ. Cho nên chỉ cần thả từ 5 - 10 cái phao (để chọn trị số trung bình) xuống mặt cắt thả phao ở giữa sông. Nếu lưu tốc nhỏ phải đo một số chỗ theo chiều rộng sông. Giữa sông và 2 bên bờ đều thả phao đo.



Hình 1.9: Mặt cắt đo đạc

Phao làm hình tròn bằng gỗ đường kính 10 ÷ 15cm, dày 2 ÷ 5cm hoặc miếng gỗ chữ nhật kích thước 10 × 15cm. Khi phao trôi qua mặt cắt 1 và 3 thì thổi còi hiệu, bấm đồng hồ hồng giấy để ghi lại thời gian. Nên tiến hành đo đạc lúc không gió (hình 1.10).

Tốc độ phao trên mặt nước:

$$v_{\max} = \frac{L}{t}$$

Trong đó:

L - khoảng cách từ mặt 1 đến mặt 3 (m);

t - thời gian phao trôi trong khoảng L (s);

Trong số những trị số v tìm được, ta lấy trị số trung bình của 2 số lớn nhất để tính toán.

Sau đó tính vận tốc trung bình của dòng chảy bằng công thức:

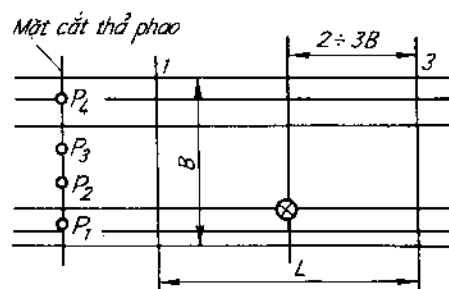
$$v_{tb} = kv_{\max}$$

Trong đó:

k - tỉ số giữa lưu tốc trung bình với lưu tốc trên mặt;

$v_{\max}$ - lưu tốc đo được ở trên mặt (trị số trung bình của 2 lưu tốc lớn nhất).

Trị số k có liên quan với bán kính thủy lực và tính chất của lòng sông, có thể tra theo bảng 1.3.



Hình 1.10: Đo lưu tốc

Bảng 1.3. Bảng tra hệ số k để tính tốc độ trung bình

Bán kính thủy lực R(m)	Hệ số k		Bán kính thủy lực R(m)	Hệ số k	
	Lòng sông là đất	Lòng sông có cỏ, đá		Lòng sông là đất	Lòng sông có cỏ, đá
0,1	0,55	0,49	0,60	0,70	0,66
0,15	0,58	0,53	0,80	0,72	0,68
0,20	0,61	0,56	1,00	0,73	0,69
0,25	0,63	0,58	1,20	0,74	0,71
0,30	0,65	0,60	1,60	0,75	0,72
0,40	0,67	0,62	2,00	0,76	0,73
0,50	0,69	0,64			

3. *Đo đặc địa chất.* Đối với trạm thủy điện nhỏ công tác khảo sát đo đặc địa chất yêu cầu không cao. Chỉ nhằm qua đo đặc đánh giá được tình hình phân bố các loại đất ở dưới vị trí xây dựng công trình thủy công, nắm được cao trình mực nước ngầm, mức độ thấm, và mức độ phong hoá của nham thạch, trên cơ sở đó xác định được tính chất của nền móng công trình. Ở đây chỉ giới thiệu phương pháp hố đào để tìm hiểu tình hình địa chất ở khu vực công trình và phương pháp xác định hệ số thấm đơn giản tiến hành ngay ngoài thực địa.

1. *Hố đào.* Căn bố trí ở các vị trí công trình chủ yếu như: đập, cửa lấy nước, dọc theo tuyến kênh dẫn nước, bể áp lực, ống dẫn nước áp lực, nhà máy... Số hố đào không nên nhiều quá. Ở sườn núi, bờ sông, nếu đá gốc nằm không sâu thì có thể không cần bố trí hố đào mà chỉ bóc sạch đất cát trên mặt đi, đá gốc lộ ra để tìm hiểu tình hình đá và lớp phủ bên trên. Hố đào làm hình chữ nhật kích thước $1 \times 1,5\text{m}$. Chiều sâu của hố đào lấy đến khi gặp đá. Nếu đá gốc nằm sâu, hố đào có thể sâu xuống $1 \div 2\text{m}$. Sau khi đào hố xong, cần đánh giá tính chất của đất, tình hình phân tầng của đất, cao trình mực nước mạch, tính chất và tình hình vỡ vụn của nham thạch, đồng thời phải vẽ mặt cắt hố đào. Nếu có điều kiện thì lấy mẫu đất kết cấu chưa bị phá hoại đem về phòng thí nghiệm phân tích. Cao trình và vị trí hố đào phải vẽ lên bình đồ hoặc ghi rõ lên sơ đồ phác hoạ tạm thời để sau này kiểm tra lại.

2. *Xác định hệ số thấm.* Trước hết đào một hố tròn đường kính $0,5\text{m}$, sâu $0,15 \div 0,20\text{m}$. Ở vách hố đặt một thước chia đến centimet, điểm O đặt sát đáy hố. Đáy hố dọn sạch sẽ, bằng phẳng rải một lớp sỏi nhỏ dày 2cm . Dùng một thùng đựng nước có chia độ để tính dung tích. Khi thí nghiệm dùng một ống cao su dẫn nước từ trong thùng ra, trên ống cao su có khoá, đầu cuối ống có hoa sen để chống sỏi. Thoạt tiên mở khoá cho nước chảy vào hố tới 10cm , sau đó giữ cho mặt nước trong hố không thay đổi bằng cách dẫn nước từ thùng bổ sung cho hố, đồng thời ghi thời gian và lượng nước vào hố. Thời gian thí nghiệm từ 10 tiếng đồng hồ đến 2 ngày đêm, đến khi lượng nước thấm đạt đến trị số ổn định. Cần tính cẩn thận lượng nước đổ vào thùng trong quá trình thí nghiệm và khoảng thời gian gián đoạn giữa các lần cho thêm nước.

Hệ số thấm tính theo công thức: $k = \frac{Q}{F}$ (m/ngày đêm).

Trong đó:

Q - tổng lưu lượng nước đã đổ vào hố đến khi ổn định ($\text{m}^3/\text{ngày đêm}$);

F - diện tích mặt hố tròn (m^2);

Có thể dùng hệ số thấm này để tính lượng nước tổn thất do thấm qua các công trình đập, kênh. Khi tính lượng nước tổn thất có thể áp dụng các công thức trong các tài liệu chuyên môn đã giới thiệu.

Chương 2

CHỌN CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CHO TRẠM THUỶ ĐIỆN NHỎ

Phương châm phát triển thủy điện nhỏ hiện nay là kết hợp chặt chẽ với tưới hoặc phòng lũ với tưới. Tất nhiên cũng có nhiều trường hợp chỉ đơn thuần phát điện. Các trạm này thường có hồ điều tiết ngày hoặc chỉ dùng dòng chảy cơ bản để phát điện. Dưới đây giới thiệu hai phương pháp tính thủy năng - thủy lợi cho hai loại: Kết hợp phát điện với tưới và loại chỉ đơn thuần phát điện.

2.1. TÍNH TOÁN THUỶ NĂNG - THUỶ LỢI LẤY TƯỚC LÀM CHÍNH KẾT HỢP PHÁT ĐIỆN

Trạm thủy điện lấy tưới làm chính kết hợp với phát điện có đặc điểm là tưới nước có tính thời vụ, thời gian cung cấp nước không đều nhau, các tháng có khác nhau về lượng tưới. Công suất và điện lượng phát ra của trạm thủy điện quyết định bởi lượng nước dùng cho tưới nhiều hay ít, tức là công suất vận hành của trạm thủy điện thay đổi tùy theo lượng nước dùng để tưới.

Thiết kế hồ chứa lấy tưới làm chính kết hợp với phát điện có phân ra 2 trường hợp sau đây:

Trường hợp thứ nhất: Chiều cao đập, mực nước chết, dung tích điều tiết, mực nước lũ cao nhất, kích thước công trình tháo lũ của hồ chứa đều đã được xác định trước khi thiết kế trạm thủy điện (hoặc đã thi công xong). Trong trường hợp này, nội dung tính toán thủy năng chỉ cần dựa vào lượng nước cần dùng cho tưới để tính công suất lắp máy của trạm thủy điện và mực nước chết cần cho phát điện.

Trường hợp thứ hai: Mọi kích thước của công trình tháo lũ, mực nước lũ cao nhất, mực nước dâng bình thường, mực nước chết, chiều cao đập đều chưa được xác định. Trường hợp này ngoài việc thỏa mãn mọi yêu cầu nhiệm vụ tưới, phải đồng thời nghiên cứu xác định các thông số phát điện.

Dưới đây chỉ giới thiệu nội dung tính toán trong trường hợp thứ hai.

1. Các tài liệu cơ bản cần cho thiết kế:

- Tài liệu lượng nước cần dùng cho tưới: diện tích tưới, thành phần hoa màu, thời gian tưới, số lần tưới và định mức tưới v.v...

Căn cứ vào những tài liệu này ta tính lượng nước cần cho tưới trong các tháng (hình 2.1) hoặc lập thành bảng 2.1.

- Tài liệu thủy văn: dòng chảy, nước lũ và bùn cát.

Bảng 2.1

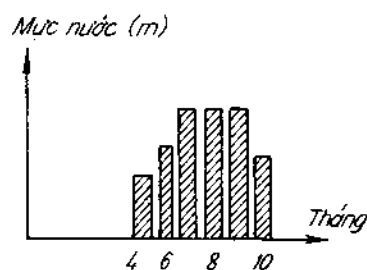
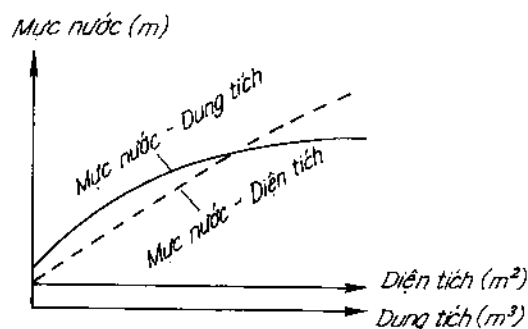
Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lưu lượng tưới (m^3/s)												
Lượng nước tưới (m^3)												

Tài liệu lưu lượng thực đo ở các dòng sông vừa và nhỏ thường rất ít. Nói chung chỉ cần tìm và tính được tài liệu dòng chảy của 3 năm điển hình nhiều nước ($p = 25\%$), trung bình ($p = 50\%$) và năm nước kiệt ($p = 75\%$).

Tài liệu nước lũ gồm có: ngọn lũ, lượng lũ và đường quá trình lũ của nước lũ thiết kế và nước lũ kiểm tra. Dùng các tài liệu này để tính toán điều tiết lũ của hồ chứa, tìm mực nước lũ cao nhất và lượng tháo lũ lớn nhất của hồ chứa, đồng thời dùng làm cơ sở để thiết kế công trình thủy công. Tài liệu bùn cát (lượng chuyển cát năm) dùng để tính dung tích bồi lắng hồ chứa.

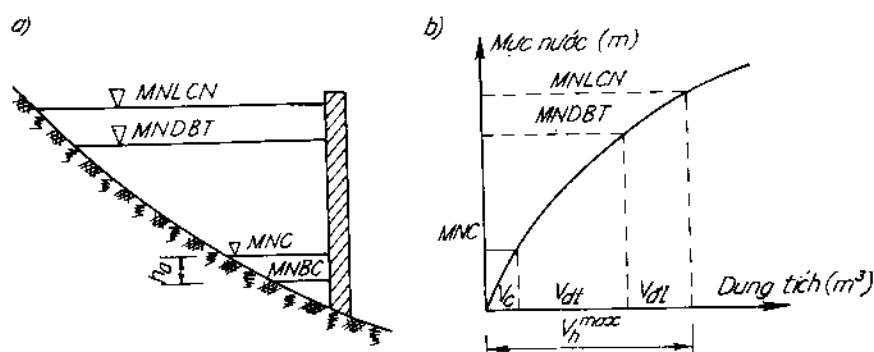
- Đường đặc tính hồ chứa: là đường quan hệ giữa mực nước với diện tích và mực nước với dung tích hồ (hình 2.2). Nói chung đều lập nên bằng bản đồ địa hình thực đo.

- Tài liệu phụ tải: qua điều tra kinh tế sẽ thu thập được số liệu dùng điện, làm cơ sở để chọn mức bảo đảm và công suất lắp máy.

**Hình 2.1:** Lượng nước cần cho tưới ở các tháng**Hình 2.2:** Đường đặc tính của hồ chứa

2. Xác định mực nước chết

- Xét riêng về tưới: Trên nguyên tắc lợi dụng đầy đủ dung tích hồ chứa, khi xác định mực nước chết cần xét hai yếu tố sau: dung tích bùn cát lắng đọng và yêu cầu cao trình dẫn nước tưới ruộng từ hồ chứa. Trước hết dựa vào công thức (2-1) để tính dung tích cần thiết cho bùn cát lắng đọng, rồi nhờ đường đặc tính mực nước - dung tích ta tra được mực nước tương ứng rồi đem cộng với đường kính của lấy nước và cộng thêm độ sâu an toàn từ 1-2m ta sẽ được mực nước chết (hình 2.3).



Hình 2.3: Đường đặc tính mực nước - dung tích

$$V_{\text{bùn cát}} = \frac{1}{\gamma} R_o T \quad (2-1)$$

Trong đó:

$V_{\text{bùn cát}}$ - dung tích bùn cát (m^3);

γ - tỉ trọng bùn cát, lấy khoảng 1,2 - 1,7 tấn/ m^3 ;

R_o - lượng chuyển cát bình quân năm (tấn/năm);

T - thời hạn bùn cát lắng đọng (năm). Nói chung chọn từ 10 - 15 năm, tùy theo lượng cát đến, tầm quan trọng của hồ chứa và khả năng tháo cát của công trình.

Sau khi tính lượng cát bồi lắng và tìm được mực nước chết rồi thì phải kiểm tra xem mực nước này có thoả mãn được yêu cầu về cao trình đưa nước tưới cho đồng ruộng không, nếu không thoả mãn được yêu cầu về mực nước thì phải nghiên cứu để sửa đổi.

- Xét riêng về phát điện: Khi mực nước trong hồ chứa hạ thấp xuống tới mức yêu cầu tưới, phải xét xem có ảnh hưởng gì đến vận hành của tuốcbin không. Nếu do cột nước quá thấp, tuốcbin không thể vận hành được thì trạm thủy điện phải ngừng làm việc để bảo đảm cho tưới.

3. *Xác định dung tích điều tiết:* Trước hết phải biết lượng nước bình quân năm của diện tích tập trung nước khống chế từ đập trở lên. Sau đó tích lượng nước cần tưới cho diện tích đã lập kế hoạch. Nếu lượng nước đến nhỏ hơn lượng nước cần, chứng tỏ nước không đủ để tưới ruộng.

Ta dùng phương pháp lập bảng. Trước hết chọn năm thiết kế rồi tính toán điều tiết theo yêu cầu tưới và phát điện, tìm ra dung tích điều tiết. Sau đó tính toán điều tiết đối với các năm điển hình khác, rồi kiểm tra tình hình vận hành của hồ chứa với điều kiện dung tích điều tiết đã xác định. Các bước tính toán như sau:

Trước hết ghi lượng nước thiên nhiên chảy đến trong các tháng vào cột (2) trong bảng 2.2, rồi ghi lượng nước dùng để tưới ở các tháng trong mùa cần tưới vào cột (3), lượng nước phát điện ghi vào cột (4). Lượng nước phát điện chia làm 2 trường hợp: trường hợp diện tích

tưới ở thượng lưu hồ chứa, lượng nước phát điện là lượng nước dư thừa sau khi lấy lượng nước thiên nhiên đến trừ đi lượng nước cần để tưới. Trường hợp diện tích tưới ở hạ lưu hồ chứa, lượng nước tưới cũng là lượng nước phát điện. Sau khi đã có tài liệu lượng nước đến và lượng nước dùng sẽ lấy lượng nước đến trừ đi lượng nước dùng tức là lấy cột (2) trừ đi cột (3) và cột (4) ta sẽ được lượng nước trữ lại hoặc tháo đi của hồ chứa trong tháng đó. Nếu là lượng nước trữ thì ghi vào cột có dấu dương (+). Nếu là lượng nước tháo đi thì ghi vào cột mang dấu âm (-) đều ghi vào cột (5) của bảng 2.2. Cuối cùng đem cộng dồn lượng nước tháo hoặc lượng nước trữ của hồ chứa, ta sẽ được dung tích cuối tháng của từng tháng, đem ghi vào cột (6). Rồi tìm trong đó lấy trị số lớn nhất, đó là dung tích điều tiết cần thiết của hồ chứa.

Nếu lượng nước tổn thất do bốc hơi và rò rỉ có ảnh hưởng rõ rệt đối với lượng nước của hồ chứa thì trong khi tính toán còn phải trừ đi lượng nước tổn thất này. Như vậy sau cột (4) ta phải thêm vào một cột nữa ghi lượng nước tổn thất (4').

Bảng 2.2

Tháng	Lượng nước thiên nhiên	Lượng nước tưới	Lượng nước phát điện	Lượng nước tổn thất	Lượng nước trữ, tháo của hồ		Dung tích cuối tháng
					(5)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(4')	(+)	(-)	(6)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

4. *Xác định mức nước lũ cao nhất*: Xác định mức nước lũ cao nhất tức là xác định lượng nước tháo đi lớn nhất, chọn kích thước công trình tháo lũ. Thường có 2 trường hợp để xét:

- Trường hợp ở hạ lưu hồ chứa có yêu cầu phòng lũ: Căn cứ vào chiều cao của đê hạ lưu và khả năng chuyển nước của dòng sông hạ lưu chọn ra lượng nước tháo an toàn trong trường hợp nước lũ thiết kế và nước lũ kiểm tra tháo qua công trình tháo lũ.

- Trường hợp hạ lưu hồ chứa không có yêu cầu phòng lũ: Nếu lưu lượng ngọn lũ không lớn lắm, lượng nước tháo lớn nhất qua đường tràn lũ sẽ là lưu lượng ngọn lũ thiết kế. Thông thường xác định lượng nước tháo lớn nhất bằng cách so sánh kinh tế. Vì nếu chọn lượng

tháo nhỏ thì chiều rộng đường tràn sẽ nhỏ, đập phải cao, nếu lượng nước tháo lớn, chiều rộng đường tràn sẽ lớn, đập cũng sẽ thấp hơn. Ngoài những hạn chế về địa hình hoặc bố trí tổng thể, việc xác định chiều rộng đường tràn cũng cần phải so sánh thêm các phương án. Do đó đòi hỏi phải tính toán dung tích điều tiết lũ và chiều rộng đường tràn lũ.

- Tính dung tích điều tiết lũ:

Khi đường quá trình nước lũ có dạng hình tam giác thì dung tích điều tiết lũ tính theo công thức sau:

$$V_{\text{điều tiết lũ}} = \frac{1}{2} Q_m T \left(1 - \frac{Q'_m}{Q_m} \right) \quad (2-2)$$

Trong đó:

Q_m - lưu lượng ngọn lũ lớn nhất (m^3/s);

Q'_m - lưu lượng lớn nhất tháo về hạ lưu (m^3/s);

T - thời gian nước lũ (giờ).

Khi đường quá trình nước lũ không phải là hình tam giác thì tính trực tiếp từ đường quá trình nước lũ là thuận tiện. Hình 2.4 là một đường quá trình nước lũ ứng với một tần suất nào đó. Giả sử có 2 phương án lượng nước tháo lũ là Q_{m1} và Q_{m2} . Khi lưu lượng chảy đến hồ chứa là $Q < Q_{m1}$ (hoặc Q_{m2}), thì toàn bộ lưu lượng chảy đến hồ sẽ tràn qua đường tràn tháo hết về hạ lưu. Khi $Q > Q_{m1}$ (hoặc Q_{m2}) thì đường tràn chỉ cho tháo qua một lưu lượng là Q_{m1} (hoặc Q_{m2}), còn thừa một lưu lượng là: $\Delta Q = Q - Q_{m1}$ (hoặc Q_{m2}) trữ vào hồ chứa. Đem cộng dồn những lưu lượng dư thừa này và nhập vào tổng dung tích của hồ ta sẽ được dung tích điều tiết lũ của hồ chứa. Lượng nước này sẽ trữ lại ở trong hồ cho đến khi nào $Q < Q_{m1}$ (hoặc Q_{m2}) sẽ lại tiếp tục tháo về hạ lưu. Dung tích điều tiết lũ là diện tích gạch chéo ở phía trên Q_{m1} (hoặc Q_{m2}) của hình 2.4.

Có thể dựa vào phương pháp lập bảng và thử dần để diễn toán điều tiết lũ. Đưa vào công thức cân bằng lượng nước (2-3) để tính toán và lập bảng:

$$V_2 - V_1 = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \Delta t - \frac{1}{2} (q_1 + q_2) \Delta t \quad (2-3)$$

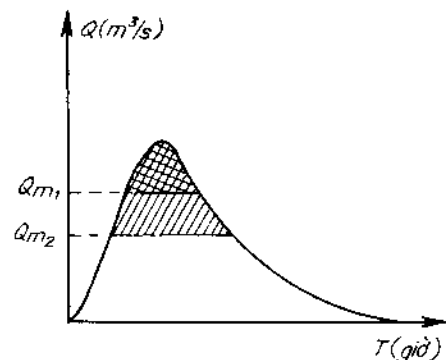
hoặc: $\Delta V = \bar{Q} \cdot \Delta t - \bar{q} \cdot \Delta t$

Trong đó:

V_1, V_2 - dung tích hồ đầu thời đoạn và cuối thời đoạn (m^3);

Q_1, Q_2 - lưu lượng đến đầu thời đoạn và cuối thời đoạn (m^3/s);

q_1, q_2 - lưu lượng nước tháo đầu thời đoạn và cuối thời đoạn (m^3/s);



Hình 2.4: Đường quá trình nước lũ

Δt - thời đoạn (giờ);

$\bar{Q}$ - lưu lượng bình quân thời đoạn (m^3/s);

$\bar{q}$ - lưu lượng nước tháo bình quân thời đoạn (m^3/s).

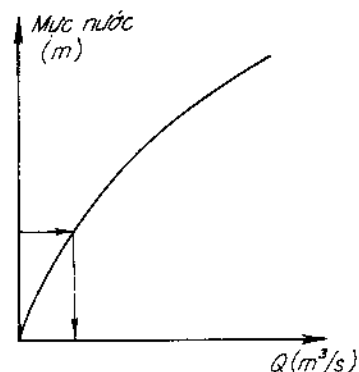
Lập bảng diễn toán điều tiết lũ như bảng 2.3

Bảng 2.3

Thời đoạn Δt (giờ)	Lưu lượng bình quân chảy vào hồ chứa $\bar{Q}$ (m^3/s)	Lưu lượng bình quân tháo ra khỏi hồ chứa $\bar{q}$ (m^3/s)	Lượng nước trữ và tháo $(\bar{Q} - \bar{q}) \cdot \Delta t$ (m^3)	Tổng dung tích hồ chứa (m^3)	Mức nước của hồ chứa (m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)

Cách diễn toán như sau: Cột (1) và (2) đã biết, cột (3) là lượng nước tháo ra khỏi hồ, khi tính phải giả thiết trước. Cột (4) = [cột (2) - cột (3)] $\times \Delta t$. Cột (5) là các giá trị cộng dồn của cột (4) tức là tổng dung tích của hồ chứa. Khi bắt đầu điều tiết lũ, tổng dung tích của hồ chứa là dung tích tương ứng với cao trình đáy đường tràn cũng có thể tra được ở trên đường đặc tính của hồ chứa. Cột (6) là mực nước hồ chứa ở thời đoạn tương ứng, có thể tra được trên đường đặc tính hồ chứa. Khi bắt đầu điều tiết lũ, mực nước đó là cao trình của đáy đường tràn. Phần nhiều đường tràn của các hồ chứa loại nhỏ có cao trình đáy là cao trình mực nước dâng bình thường.

Khi diễn toán phải giả thiết trước lưu lượng tháo q , tính theo thứ tự trước sau ta sẽ tìm được mực nước ở cuối thời đoạn đó. Dùng mực nước này, tra trên đường biểu diễn lượng nước tháo (hình 2.5) ta sẽ được lưu lượng nước tháo. Nếu nó phù hợp với lưu lượng nước tháo đã giả thiết thì sẽ kết thúc tính toán ở thời đoạn đó. Nếu không thì phải giả thiết lại lưu lượng tháo nước, rồi tính toán đến khi nào kết quả tính toán phù hợp với giá trị đã giả thiết mới thôi. Đường biểu diễn lượng nước tháo được vẽ lên nhờ kết quả tính theo công thức (2.3).



Hình 2.5: Đường biểu diễn lượng nước tháo

5. *Xác định công suất lắp máy:* Gồm các bước chọn năm thiết kế, thao tác hồ chứa, xác định công suất bảo đảm và chọn công suất lắp máy.

- Chọn năm thiết kế: Các trạm thủy điện nhỏ thường chọn năm ứng với mức bảo đảm 50% (năm nước trung bình) để làm năm điển hình. Nhưng tốt nhất là kết hợp với mức bảo đảm tưới (về tưới thường chọn năm thiết kế là năm có $p = 50\%$ hoặc 75% , tùy theo tình hình lượng nước nhiều hay ít mà chọn cho thích hợp). Ưu điểm của việc kết hợp này là phối hợp chặt chẽ giữa vận hành hồ chứa và vận hành trạm thủy điện, tài liệu cũng thống nhất.

- Thao tác hồ chứa: Khi thao tác hồ chứa có thể kết hợp với tính toán dung tích điều tiết của hồ chứa như đã trình bày ở trên và có thể lập theo bảng 2.4. Khi tính công suất các tháng phải đổi lượng nước thành lưu lượng và có xét đến lượng nước tổn thất.

Bảng 2.4

Thời gian (tháng)	Lượng nước thiên nhiên (m^3)	Lượng nước tưới (m^3)	Lượng nước phát điện (m^3)	Lượng nước tổn thất (m^3)	Điều tiết tháo về hạ lưu		Lượng nước trữ và tháo của hồ chứa (m^3)		Dung tích hồ chứa cuối tháng (m^3)	Dung tích hồ chứa bình quân (m^3)	Mức nước bình quân (m)	Cột nước (m)	Công suất (kW)
					Lượng nước	Lưu lượng	+	-					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)		(7)		(8)	(9)	(11)	(12)	(13)

Cách diễn toán trong bảng 2.4: Các cột (1), (2), (3), (4), (7) và (8) giống như bảng 2.2. Cột (6) = cột (3) + cột (4). Dung tích hồ chứa bình quân ghi ở cột (9) là kết quả lấy dung tích cuối tháng của tháng tính toán cộng với dung tích cuối tháng của tháng trước nó rồi đem chia cho 2. Cột nước ghi ở cột (11) = mức nước bình quân thượng lưu - mức nước hạ lưu - cột nước tổn thất. Khi mức nước hạ lưu và cột nước tổn thất biến đổi không nhiều thì có thể coi cột nước là hằng số. Như vậy trên trục tung của đường đặc tính hồ chứa có thể chọn một tỉ lệ khác, rồi nhờ có dung tích của hồ chứa, ta sẽ tra được cột nước (hình 2.6). Lượng nước tổn thất ghi ở cột (5). Lượng nước tổn thất của các tháng có quan hệ với diện tích của hồ chứa bởi vì lượng nước tổn thất bằng độ sâu của lượng nước tổn thất (m) $\times$ diện tích (m^2). Độ sâu của lượng nước tổn thất tính được từ tài liệu thủy văn. Vì khi thao tác không biết diện tích hồ chứa ở các tháng, phải ước tính sơ lược dung tích điều tiết. Sau đó lấy mức nước tương ứng với 1/2 dung tích điều tiết, tra trên đường đặc tính hồ chứa ta được diện tích.

Nếu lượng bốc hơi mặt nước của các tháng biến đổi không nhiều lắm, thì chỉ cần lấy lượng nước dùng hàng năm trừ đi phần nước tổn thất đó. Nếu lượng bốc hơi mặt nước ở các tháng biến đổi khá nhiều, thì phải dựa vào độ sâu lượng nước tổn thất ở các tháng, tính ra lượng nước tổn thất, rồi lần lượt khấu trừ riêng con số khác nhau của từng tháng. Cách tính như vậy chỉ gần đúng song cũng đủ thoả mãn được các yêu cầu thông thường.

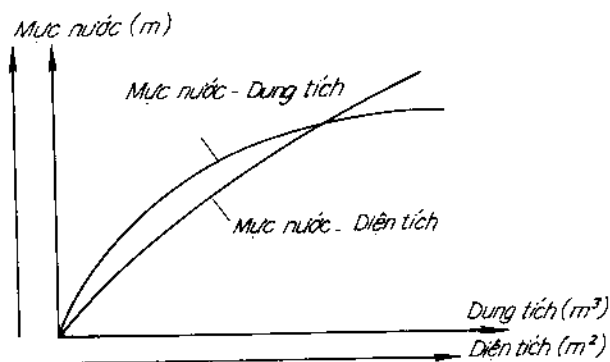
- Công suất ghi ở cột (12) = AQH có thể lấy trị số $A = 9,81 \times \eta_T \times \eta_{mf}$ phụ thuộc vào phương thức nối trục máy phát với trục tuốcbin, (tham khảo bảng 1.1, chương 1).

- Xác định công suất bảo đảm: Đó là công suất của trạm thủy điện bảo đảm cung cấp điện cho các hộ dùng điện trong năm thiết kế. Sau khi đã tính toán thao tác hồ chứa sẽ lấy công suất các tháng của năm thiết kế vẽ thành hình 2.7. Rồi chọn một trị số công suất tương đối nhỏ hoặc nhỏ nhất (trị số này nằm trong liệt trị số công suất bình quân tháng của nhiều năm, tương ứng với mức bảo đảm trên 60%) làm công suất bảo đảm.

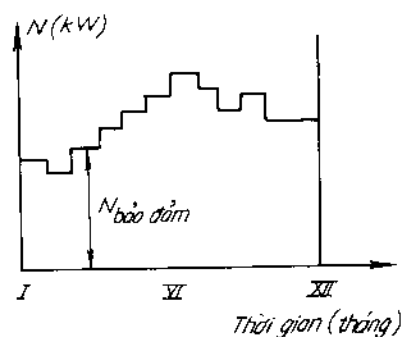
Đem phân phối công suất bảo đảm này cho một số hộ dùng điện tương đối quan trọng và tình hình dùng điện thay đổi không nhiều lắm, như các xí nghiệp nhỏ của địa phương.

- Xác định công suất lắp máy: Công suất lắp máy của trạm thủy điện phải lớn hơn công suất bảo đảm. Cần phân tích tình hình thay đổi công suất, lưu lượng cụ thể của trạm thủy điện, yêu cầu phụ tải và điều kiện chế tạo tổ máy để lựa chọn công suất lắp máy.

Trước hết vẽ đường quá trình công suất của các tháng trong 3 năm điển hình (hình 2.7).



Hình 2.6: Đường đặc tính hồ



Hình 2.7: Đường quá trình công suất của năm thiết kế

Trên hình chọn lấy 1-2 trị số công suất tương đối lớn (mỗi năm có 3 - 4 tháng đạt được trị số công suất này) làm phạm vi lựa chọn công suất lắp máy. Sau đó mới xác định chính xác trên cơ sở phân tích tổng hợp các điều kiện trang thiết bị của nhà máy kết hợp với điều kiện cung cấp thiết bị của các nhà máy chế tạo.

Sau khi xác định được công suất lắp máy ta sẽ tính được lưu lượng lớn nhất chảy qua trạm thủy điện, điện lượng bình quân năm và cột nước bình quân.

- Tính lưu lượng lớn nhất chảy qua trạm thủy điện: Khi thiết kế đường ống dẫn nước có áp cần phải biết lưu lượng lớn nhất qua đường ống để tính đường kính của ống.

Công thức tính như sau:

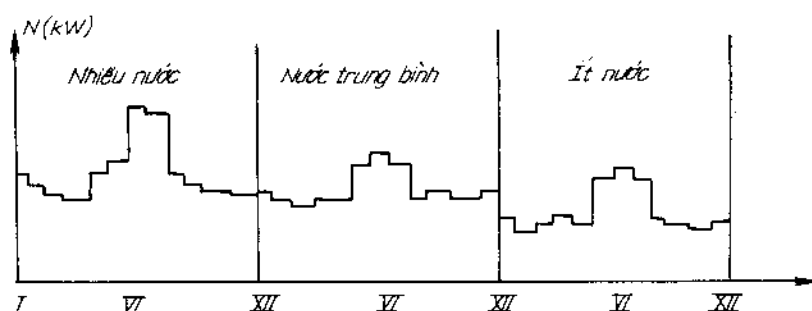
$$Q_{\max} = \frac{N_{lm}}{AH}$$

Trong đó:

$Q_{\max}$ - lưu lượng lớn nhất chảy qua trạm thủy điện (m^3/s) khi có một tổ máy;

N_m - công suất lắp máy (kW);

H - cột nước tính toán, tức cột nước nhỏ nhất khi tổ máy phát ra công suất định mức. Nó nhỏ hơn cột nước bình quân một chút (m).



Hình 2.8: Đường quá trình công suất của 3 năm điển hình

Ngoài ra, có thể xác định lưu lượng lớn nhất này bằng cách dựa vào các số liệu kỹ thuật cơ bản của mỗi loại tuốcbin.

- Tính điện lượng bình quân năm: Lấy tổng công suất các tháng của 3 năm điển hình (trị số công suất lớn nhất không được vượt quá công suất lắp máy) đem chia cho 36 tháng rồi nhân với số giờ của một năm (3760 giờ) hoặc là tính trước điện lượng bình quân mỗi năm của 3 năm điển hình, rồi lấy trị số bình quân toán học về điện lượng của 3 năm đó.

Công thức tính điện lượng bình quân năm như sau:

$$E = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_n}{n} T, \text{ (kWh)}$$

Trong đó:

N - công suất bình quân tháng (kW);

T - số giờ phát điện hàng năm (giờ).

- Tính cột nước bình quân. Lấy trị số bình quân gia quyền của trị số cột nước các tháng đã tính được khi tính toán thao tác hồ chứa trong 3 năm điển hình:

$$H_{bq} = \frac{H_1 N_1 + H_2 N_2 + \dots + H_n N_n}{\sum N}$$

Những phương pháp tính toán trên là áp dụng cho trường hợp tính toán thủy năng cho thiết kế hồ chứa tiến hành đồng thời với thiết kế trạm thủy điện. Nếu như đã hoàn thành

việc thiết kế hồ chứa rồi thì khi thiết kế trạm thủy điện chỉ cần tính công suất lắp máy theo lượng nước cần cho tưới.

Ví dụ: Ở bản X, huyện Mường Tè dự định xây một trạm thủy điện nhỏ lấy tưới làm chính kết hợp với phát điện. Tài liệu cơ bản như lượng dòng chảy, lượng tổn thất bốc hơi năm, đường quá trình nước lũ, lượng chuyển cát năm bình quân, lượng nước cần cho tưới, đường đặc tính hồ chứa, tài liệu phụ tải và mực nước hạ lưu trạm. Xác định mực nước chết, mức nước dâng bình thường, mực nước lũ cao nhất của hồ chứa, và công suất lắp máy của trạm thủy điện này.

1. Các tài liệu cơ bản cần cho thiết kế

- Tài liệu thủy văn: (xem bảng 2.5 và 2.6).

Bảng 2.5. Lượng dòng chảy của các năm điển hình

Tháng	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	Tổng cộng
Năm nhiều nước (25%)	318	313	733	266	73	77	39	44	44	153	137	79	2276
Năm trung bình (50%)	189	179	294	297	55	55	50	47	45	100	84	52	1447
Năm ít nước (75%)	44	127	88	98	75	67	57	49	54	92	72	44	865

Bảng 2.6. Lưu lượng của các trận lũ lớn ứng với tần suất lũ 5% và 1%

Thời đoạn Tần suất	0,5	1,9	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Lưu lượng (m ³ /s) với 5%	8	28	62	112	174	252	208	162	138	109
Lưu lượng (m ³) với 1%	11	42	94	168	260	374	315	260	215	173

Tiếp ngang theo bảng 2.6

5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10	10,5	Tổng lượng lũ (m ³)
85	65	49	36	17	10	6					274
138	108	82	61	46	31	25	9	8	3	2	436

Lượng chuyển cát năm bình quân là 25 000 tấn. Sau khi thực hiện việc giữ đất, giữ nước trong lưu vực thì lượng chuyển cát sẽ giảm bớt rất nhiều.

2. Tài liệu lượng nước cần cho tưới: Diện tích tưới 35 000 ha ở phía hạ lưu. Lượng nước tưới hàng tháng xem bảng 2.7.

Bảng 2.7. Lượng nước tưới hàng tháng

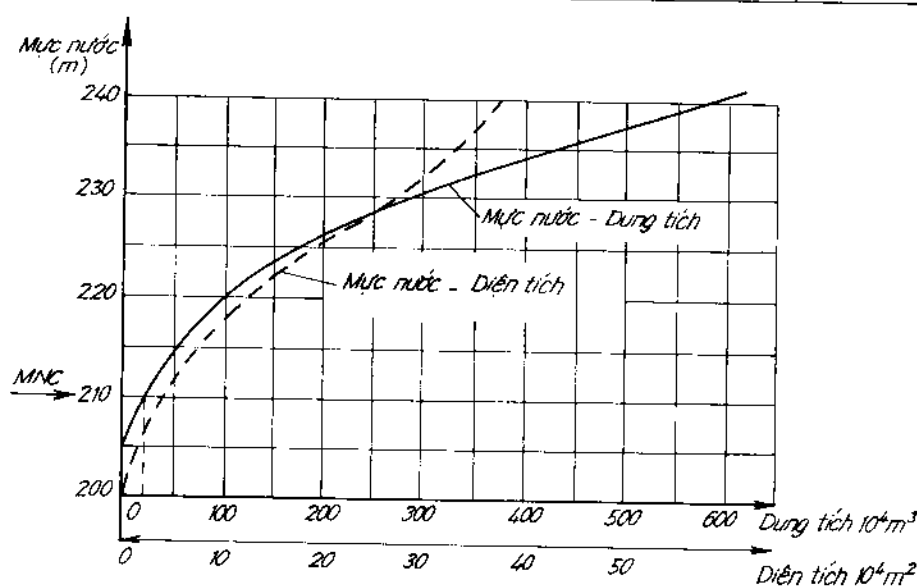
Tháng	3	4	5	6	7	10
Lượng nước tưới (10^4 m^3)	105	105	105	210	52,5	105

Lượng nước tổn thất bốc hơi năm là 700mm.

3. Đặc tính hồ chứa (xem bảng 2.8 và hình 2.9).

Bảng 2.8. Đặc tính của hồ chứa

Cao trình (m)	200	210	220	230	240	250	260
Diện tích (10^4 m^2)	0	3	13	27	37	56	81
Dung tích (10^4 m^3)	0	20	90	280	580	1000	1750



Hình 2.9: Đường đặc tính hồ chứa

4. Tài liệu phụ tải: Trạm thủy điện nhỏ này chủ yếu phục vụ cho công nghiệp địa phương và một bộ phận thấp sáng, sinh hoạt gần đó.

5. Tài liệu mực nước hạ lưu: Cao trình mực nước hạ lưu sau trạm 200m.

Yêu cầu xác định:

a) Mực nước chết của hồ chứa: Lượng bùn cát trong sông khá lớn (lượng chuyển cát năm là 25.000 tấn). Khả năng xả cát của hồ tương đối yếu, phần lớn bị lắng đọng trong hồ. Do đó dung tích chết của hồ bị khống chế bởi dung tích cần thiết cho bùn cát lắng đọng.

Thời gian bùn cát đọng trong hồ chọn là 10 năm. Dựa vào công thức $V_{b,c} = \frac{1}{\gamma} \cdot R.T$ ta

tim được dung tích bùn cát lắng đọng:

Chọn trọng lượng riêng của bùn cát là $1,2 \text{ tấn/m}^3$.

Vậy:
$$V_{b,c} = \frac{1}{1,2} \times 25.000 \times 10 = 20,8 \times 10^4 \text{ m}^3$$

Chọn lấy số chẵn $V_{b,c} = 21.10^4 \text{ m}^3$.

Tra trên đường đặc tính hồ chứa ta tìm được cao trình mực nước chết là 210m.

b) Xác định mực nước dâng bình thường của hồ chứa:

Căn cứ vào yêu cầu bảo đảm nước dùng cho tưới ở các năm nước trung bình, chọn mức bảo đảm cho tưới $p = 50\%$ đồng thời chọn năm nước trung bình làm năm thiết kế.

Lượng nước của năm trung bình là $1447 \times 10^4 \text{ m}^3$, lượng nước cần tưới cho 35.000 ha ruộng là $682,5 \times 10^4 \text{ m}^3$. Sau khi hồ chứa xây dựng xong, ngoài việc thoả mãn toàn bộ nhu cầu tưới, còn thừa một lượng nước có thể dùng cho phát điện ở những tháng không cần tưới.

Lượng tổn thất do bốc hơi mặt nước trong khu vực này là 760mm/năm. Để đơn giản tính toán ta coi lượng bốc hơi các tháng trong năm bằng nhau. Ở các năm nhiều nước hoặc ít nước cũng trừ đi một lượng bốc hơi như vậy. Tính điều tiết hồ xem bảng 2.9.

Bảng 2.9. Tính điều tiết hồ chứa với $p = 50\%$

Tháng	Lượng nước đến (10^4 m^3)	Lượng nước tưới (10^4 m^3)	Lượng nước phát điện (10^4 m^3)	Lượng nước điều tiết (10^4 m^3)	Tích trữ hoặc xả		Tổng dung tích nước hồ cuối tháng (10^4 m^3)
					(+)	(-)	
6	189	210	210	189			0
7	179	52,5	52,5	52,5	126,5		126,5
8	294		127	127	167		293,5
9	297		127	127	170		463,5
10	55	105	105	105		50	413,5
11	55		127	127		72	341,5
12	50		127	127		77	264,5
1	47		127	127		80	184,5
2	45		127	127		82	102,5
3	100	105	105	105		5	97,5
4	84	105	105	105		21	76,5
5	52	105	105	105		53	23,5
Tổng	1447	682,5					

Dung tích điều tiết là $463,5 \times 10^4 \text{ m}^3$. Tính lượng nước bốc hơi theo một nửa dung tích điều tiết là $263,7.10^4 \text{ m}^3$ và tra trên đường đặc tính hồ chứa ta được cao trình mức nước tương ứng là 229m và diện tích hồ là $24 \times 10^4 \text{ m}^2$; như vậy lượng nước tổn thất do bốc hơi bằng $\Delta V = 24.10^4 \times 0,76 = 18,2 \times 10^4 \text{ m}^3$ và mỗi tháng tổn thất bốc hơi là $1,5.10^4 \text{ m}^3$.

Kết quả tính toán điều tiết của 3 năm điển hình ghi trong các bảng 2.10, 2.11 và 2.12.

Bảng 2.10. Tính điều tiết tưới kết hợp phát điện của năm nước trung bình ($p = 50\%$)

Thời gian tháng	Lượng nước đến (10 ⁴ m ³)	Lượng nước tưới (10 ⁴ m ³)	Lượng nước phát điện (10 ⁴ m ³)	Lượng nước tổn thất (10 ⁴ m ³)	Lượng nước điều tiết (10 ⁴ m ³)	Tích hoặc xả (10 ⁴ m ³)		Tổng dung tích nước hồ bình quân (10 ⁴ m ³)	Dung tích nước hồ bình quân (10 ⁴ m ³)	Mức nước bình quân (m)	Cột nước (m)	Lưu lượng phát điện (m ³ /s)	Công suất (kW)	
						(+)	(-)							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	
6	189	210		1,5	210		22,5	21		210	9,5	1,200	74	
7	179	52,5		1,5	52,5	125		146	83,5	219	18,5	0,300	36,2	
8	294			127	1,5	127	165,5		311,5	228,7	228,5	28,0	0,725	132
9	297			127	1,5	127	168,5		480	395,7	234,5	34	0,725	160
10	55	105			1,5	105		51,5	428,5	454,2	236	35,5	0,600	139
11	55		127	1,5	127		73,5	355	391,7	234,4	33,9	0,725	160	
12	50		127	1,5	127		78,5	276,5	315,7	232	31,5	0,725	149	
1	47		127	1,5	127		81,5	195	235,7	229	28,5	0,725	135	
2	45		127	1,5	127		83,5	111,5	153,2	224	23,5	0,725	111	
3	100	105		1,5	105		6,5	105	108,2	220,5	20,0	0,600	78	
4	84	105		1,5	105		22,5	82,5	93,7	219,5	19,0	0,600	74	
5	52	105		1,5	105		54,5	28	55,2	215	14,5	0,600	56,5	
Tổng	1447	682,5		18									1304,7	

Bảng 2.11. Tính điều tiết tưới kết hợp phát điện của năm nhiều nước ($p = 25\%$)

Thời gian (tháng)	Lượng nước đến (10^4 m^3)	Lượng nước tưới (10^4 m^3)	Lượng nước phát điện (10^4 m^3)	Lượng nước tổn thất (10^4 m^3)	Lượng nước điều tiết (10^4 m^3)	Tích hoặc xả (10^4 m^3)		Tổng dung tích nước hồ bình quân (10^4 m^3)	Dung tích nước hồ bình quân (10^4 m^3)	Mức nước bình quân (m)	Cột nước (m)	Lưu lượng phát điện (m^3/s)	Công suất (kW)
						(+)	(-)						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
6	318	210		1,5	210	106,5		21	74,2	217,5	17	1,200	133
7	313	52,5		1,5	52,5	259		127,5	257,0	229,5	29	0,300	56,5
8	733		638	1,5	638	93,5		386,5	433,2	236	35,5	3,640	840
9	266		264,5	1,5	264,5			480,0	480,0	237	36,5	1,510	358

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1 0	73	105		1,5	105		33,5	446,5	463,2	236,5	36	0,600	140
1 1	77			1,5	155		79,5	367,0	406,7	235,0	34,5	0,885	198
1 2	39		155	1,5	155		117,5	249,5	308,2	231,5	31	0,885	178
1	44		155	1,5	155		112,5	137,0	193,3	226,5	26	0,885	150
2	44		155	1,5	155		112,5	24,5	80,7	218,0	17,5	0,885	101
3	153	105	155	1,5	105	46,5		71,0	47,7	214,5	14	0,600	54,6
4	137	105		1,5	105	30,5		101,5	86,2	218,0	17,5	0,600	68,3
5	79	105		1,5	105		27,5	74,0	87,7	218,0	17,5	0,600	68,3
Tổng	2276	682,5		18									2345,7

Bảng 2.12. Tuổi kết hợp phát điện của năm ít nước (p = 75%)

Thời gian (tháng)	Lượng nước đến (10 ⁴ m ³)	Lượng nước tưới (10 ⁴ m ³)	Lượng nước phát điện (10 ⁴ m ³)	Lượng nước tổn thất (10 ⁴ m ³)	Lượng nước điều tiết (10 ⁴ m ³)	Tích hoặc xả (10 ⁴ m ³)		Tổng dung tích nước hồ bình quân (10 ⁴ m ³)	Dung tích nước hồ bình quân (10 ⁴ m ³)	Mức nước bình quân (m)	Cột nước (m)	Lưu lượng phát điện (m ³ /s)	Công suất (kW)
						(+)	(-)						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
6	44	210		1,5	210		167,5	21 (167,5)	21	210	9,5	1,200	74
7	127	52,5		1,5	52,5	73		94	57,5	216	15,5	0,300	30,2
8	88		31	1,5	31	55,5		149,5	121,8	222	21,5	0,177	24,8
9	98		31	1,5	31	65,5		215	182,2	226,5	26,0	0,177	30,0
10	75	105		1,5	105		31,5	183,5	199,2	227	26,5	0,600	103,5
11	67		31	1,5	31	34,5		218	200,7	227	26,5	0,177	30,6
12	57		31	1,5	31	24,5		242,5	230,2	228	27,5	0,177	31,7
1	49		31	1,5	31	16,5		259	250,7	228,5	28,0	0,177	32,2
2	54		31	1,5	31	21,5		280,5	269,7	230	29,5	0,177	34,0
3	93	105		1,5	105		13,5	267	273,7	230,5	30	0,600	117
4	72	105		1,5	105		34,5	232,5	249,7	229,5	29	0,600	113
5	44	105		1,5	105		62,5	170	201,2	227	26,5	0,600	103,5
Tổng	868	682,5		18									724,5

Chú ý: Nguyên tắc tính điều tiết trong cả 3 bảng như sau:

(1) - Tính lượng phát điện trong các tháng không cần tưới là:

$$\frac{\text{Lượng nước đến} - \text{Lượng nước tưới} - \text{Lượng nước tổn thất}}{\text{Tổng số tháng không tưới}}$$

Còn lượng nước phát điện trong các tháng có tưới thì lấy ngay lượng nước tưới đó để phát điện.

(2) - Lượng nước điều tiết khi đổi thành lưu lượng thì lấy mỗi tháng tháo nước 30,4 ngày, mỗi ngày phát điện 16 giờ.

(3) - Cột nước = mực nước bình quân - mực nước hạ lưu - cột nước tổn thất.

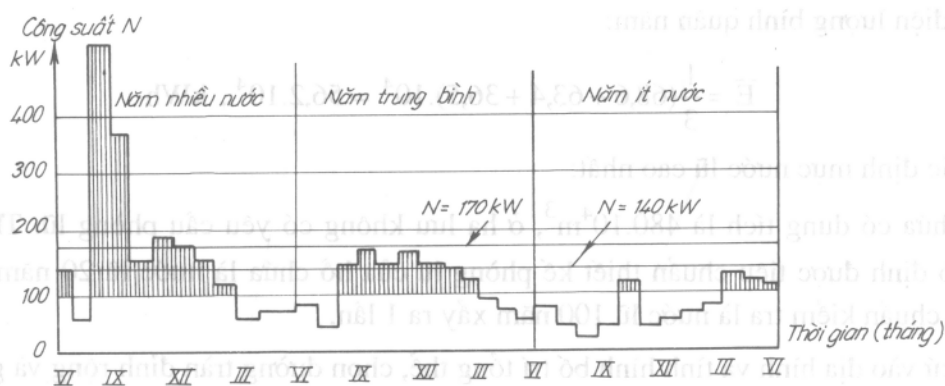
Mực nước hạ lưu ở cao trình 200m, bình quân cột nước tổn thất là 0,5m.

(4) - Công suất $N = AQH = 6,5 QH$ (kW).

Kết quả tính toán cả 3 bảng trên cho thấy: xét riêng về nước dùng tưới trong tháng 6 thì ngoài năm $p = 25\%$, các năm khác đều không thoả mãn. Nhưng xét về cân bằng lượng nước toàn năm mà nói thì tổng lượng nước dùng cho tưới đều được thoả mãn. Cho nên khi thao tác hồ chỉ cần cuối tháng 5 hồ chứa không nên tháo cạn đến mức nước chết, phải giữ lại một phần dung tích để đến tháng 6 có đủ nước tưới. Xét về mặt công suất trạm thì chỉ có công suất các tháng của năm $p = 50\%$ phân phối tương đối đều đặn, còn công suất các tháng của năm khác thay đổi khá nhiều do lượng nước phân phối không đều trong năm. Chẳng hạn, về mùa lũ của năm nhiều nước, lượng nước rất tập trung, nhanh chóng đầy hồ (dung tích điều tiết là $480.10^4 m^3$), lượng nước thừa chỉ một phần được tận dụng để phát điện, còn hầu hết tháo bỏ đi. Trường hợp này, chỉ cần hồ chứa thật đầy, đến mùa kiệt điều tiết tốt hơn một chút là có thể làm cho công suất thay đổi được đều đặn hơn.

Kết quả tính toán ở bảng 2.10 cho thấy dung tích điều tiết là $480.10^4 m^3$, cao trình mực nước dâng bình thường tương ứng là 234,5m. Cho nên trong quá trình tính toán cho năm nhiều nước, trên cơ sở thoả mãn nước dùng cho tưới, dung tích điều tiết không nên vượt quá $480.10^4 m^3$.

c) Xác định công suất lắp máy: Trạm thủy điện cấp điện cho công nghiệp và thắp sáng, mức bảo đảm đối với công nghiệp sẽ cao, còn thắp sáng có thể thấp hơn. Để cho thống nhất với mức bảo đảm tưới cũng có thể chọn năm nước trung bình $p = 50\%$ làm năm thiết kế. Tham khảo đường quá trình công suất của 3 năm điển hình (hình 2.10), ta thấy: nói chung



Hình 2.10: Đường công suất của 3 năm điển hình

(1) Công suất (kW); (2) $N = 840 kW$; (3) Năm nhiều nước; (4) Năm nước trung bình;
(5) Năm ít nước; (6) $N = 170 kW$; (7) $N = 140 kW$; (8) Thời gian (tháng)

công suất của trạm thủy điện ở năm nước trung bình đều lớn hơn 100kW. Còn năm ít nước thì trạm thủy điện chỉ lợi dụng nước tưới để phát điện. Tuy thời gian phát điện ngắn, song cũng có mấy tháng lớn hơn 100kW. Còn năm nhiều nước thì công suất của trạm thủy điện tương đối lớn, nhưng không đều. Về mùa kiệt thì điều tiết lưu lượng để phát điện được đều đặn hơn, thời gian đủ 100kW có trên 8 tháng. Cho nên chọn công suất bảo đảm của trạm thủy điện là 100kW, xem đó là mức bảo đảm cung cấp điện dùng cho các hộ công nghiệp. Đến khi nào công suất lớn hơn 100kW thì mới cung cấp điện cho thấp sáng.

Nên căn cứ vào nguyên tắc tận dụng tối đa thiết bị cơ điện của trạm thủy điện. Phạm vi công suất lắp máy có thể nằm trong khoảng 140 - 170kW (thời gian bình quân mỗi năm phát ra đủ công suất lắp máy là từ 2 - 4 tháng).

Mặt khác, căn cứ vào cột nước, lưu lượng của trạm và tham khảo thiết bị cơ điện có sẵn, dự kiến chọn một tuốcbin trục ngang buồng xoắn kim loại TT13 NK có đường kính tuốcbin là 50cm, số vòng quay định mức 548 vòng/phút, công suất 160 kW, là lưu lượng lớn nhất qua tuốcbin là $0,90\text{m}^3/\text{sec}$. Bởi vì cột nước thấp nhất của loại tuốcbin này là 20m. Cho nên khi cột nước của trạm thấp hơn 20m (tương ứng với cao trình mực nước chết của trạm thủy điện là 200m) thì trạm thủy điện sẽ phải ngừng làm việc. Còn yêu cầu tưới ở hạ lưu thì phải dùng một đường ống riêng cung cấp.

(1) Điện lượng năm nhiều nước:

$$E = (133 + 56,5 + 160 \times 4 + 140 + 150 + 101 + 54,6 + 68,3 \times 2) \times 486\text{h} = 68,6 \times 10^4, \text{ kWh}$$

(2) Điện lượng năm nước trung bình:

$$E = (74 + 36,2 + 132 + 160 + 139 + 160 + 149 + 135 + 111 + 78 + 74 + 56,5) \times 486 \text{ giờ} = 63,4 \times 10^4, \text{ kWh}.$$

(3) Điện lượng năm ít nước:

$$E = (74 + 3012 + 24,8 + 30 + 130,5 + 30,6 + 31,7 + 32,2 + 34 + 117 + 113 + 103,5) \times 486 \text{ giờ} = 36,5 \cdot 10^4, \text{ kWh}.$$

Vậy điện lượng bình quân năm:

$$\bar{E} = \frac{1}{3}(68,6 + 63,4 + 36,5) \cdot 10^4 = 56,2 \cdot 10^4, \text{ kWh}$$

d) Xác định mực nước lũ cao nhất:

Hồ chứa có dung tích là $480 \cdot 10^4 \text{m}^3$, ở hạ lưu không có yêu cầu phòng lũ. Tham khảo bảng 2.6 định được tiêu chuẩn thiết kế phòng lũ của hồ chứa là nước lũ 20 năm xảy ra 1 lần, tiêu chuẩn kiểm tra là nước lũ 100 năm xảy ra 1 lần.

Căn cứ vào địa hình và tình hình bố trí tổng thể, chọn đường tràn đỉnh rộng và giả thiết 3 trị số lượng tháo lũ lớn nhất là 180, 200, 220. Ta lần lượt xác định: dung tích điều tiết lũ, mực nước lũ cao nhất (tức là độ sâu lũ tràn lớn nhất) và chiều rộng đường tràn. Qua so sánh ta chọn phương án cuối cùng tức là trị số 220.

Dùng phương pháp đếm ô vuông ta tìm được dung tích điều tiết lũ như hình 2.11 và hình 2.12. Lấy dung tích vừa tìm được, tra trên đường quan hệ mực nước - dung tích, sẽ tìm được mực nước lũ cao nhất.

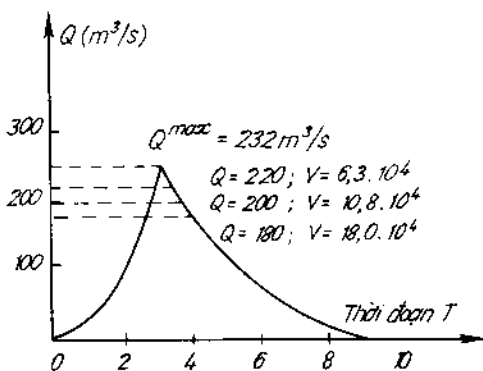
Mực nước lũ cao nhất - Mực nước dâng bình thường = Độ sâu lũ tràn lớn nhất.

Do công thức $B = Q/MH^{2/3}$ ta tìm được chiều rộng đường tràn (lấy $M = 1,55$) kết quả tính toán cho cả 3 phương án ghi ở bảng 2.13.

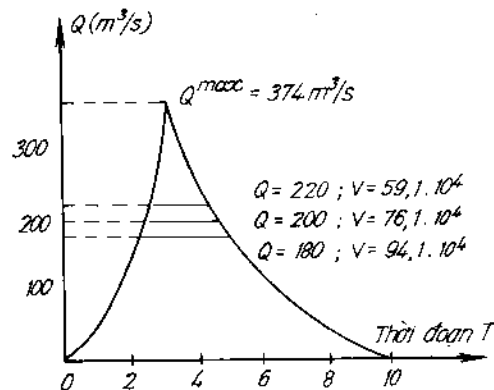
Bảng 2.13

Lưu lượng tháo max (m^3/s)	Dung tích điều tiết lũ ($10^4 m^3$)	Mực nước lũ cao nhất (m)	Độ sâu lũ tràn qua đập (m)	Chiều rộng đường tràn (m)
180	59,1	239,6	2,5	29,4
200	76,1	240,1	3,0	23,5
220	94,1	240,5	3,4	13,8

Sau khi so sánh khối lượng đào đường tràn với khối lượng xây cao thân đập, ta thấy rằng lượng tháo lũ lớn nhất $200m^3/sec$ là tốt hơn cả, chiều rộng đường tràn là 24m, cao trình mực nước lũ cao nhất là 240,1m tương ứng với dung tích chống lũ là $76,1 \times 10^4 m^3$.



Hình 2.11: Đường quá trình lũ 5%



Hình 2.12: Đường quá trình lũ 1%

2.2. TÍNH TOÁN THUY NẰNG CHO TRẠM THUY ĐIỆN ĐIỀU TIẾT NGÀY

Lượng nước đến trong một ngày của dòng sông thiên nhiên thường thay đổi không nhiều lắm, có thể coi như đều nhau, nhưng điện lượng dùng trong một ngày lại không đều. Chẳng hạn, tối đến mới thấp sáng, phụ tải tăng lên, trạm thủy điện phải phát điện nhiều hơn, lưu lượng cần thiết cũng tăng lên. Vì vậy cần điều tiết ngày để trữ lượng nước thừa hoặc không sử dụng trong ngày vào hồ chứa để tháo khi cần tăng phụ tải. Như vậy trạm thủy điện điều tiết ngày đã lợi dụng đầy đủ được lượng nước trong ngày, lại đáp ứng được yêu cầu phụ tải.

Dung tích hồ điều tiết ngày không lớn lắm, nên cố gắng tận dụng địa hình để xây dựng hồ điều tiết ngày.

1. Các tài liệu cơ bản

(1). Tài liệu thủy văn: Cần có lượng dòng chảy các tháng của 3 năm điển hình: nhiều nước, nước trung bình và ít nước.

(2). Xác định mực nước hạ lưu trạm để tính cột nước của trạm thủy điện.

(3). Đường đặc tính của hồ chứa: tức là 2 đường quan hệ mực nước với diện tích và mực nước với dung tích.

(4). Tài liệu phụ tải: chủ yếu là tình hình dùng điện trong một ngày của các hộ xem có thay đổi nhiều hay ít, có cần trạm thủy điện phải điều tiết ngày hay không. Mặt khác tìm hiểu yêu cầu bảo đảm cung cấp điện, tức là nếu trạm thủy điện ngừng hoạt động thì có ảnh hưởng gì đối với các hộ dùng điện. Nếu ảnh hưởng lớn, thậm chí phải ngừng sản xuất thì mức bảo đảm phải cao hơn. Nếu như không có ảnh hưởng đến phụ tải thấp sáng và trật tự trị an thì mức bảo đảm có thể chọn thấp hơn một chút.

2. Xác định lưu lượng bảo đảm

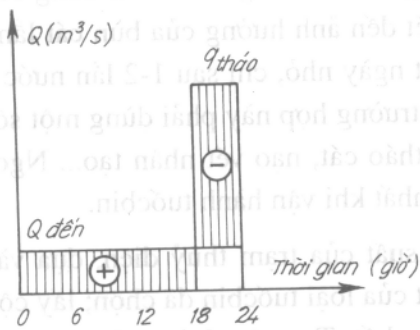
Thực chất xác định lưu lượng bảo đảm tức là xác định mức bảo đảm và công suất bảo đảm. Trước hết, sắp xếp tài liệu thủy văn của 3 năm điển hình theo thứ tự từ lớn đến nhỏ, vẽ đường biểu diễn mức bảo đảm. Đối với trạm thủy điện điều tiết ngày lẽ ra phải dùng lưu lượng bình quân ngày để xếp thứ tự. Nhưng nếu không có tài liệu bình quân ngày thì có thể dùng tài liệu lưu lượng bình quân tháng để thay thế.

Sau khi có được đường biểu diễn mức bảo đảm lưu lượng, dựa vào mức bảo đảm đã chọn tra trên đường biểu diễn đó sẽ được lưu lượng bảo đảm.

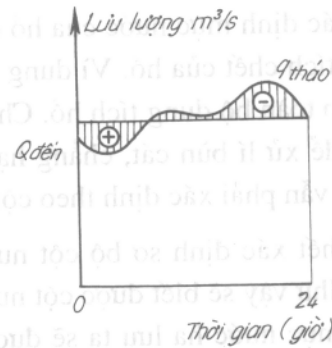
Khi chọn mức bảo đảm phải định được cụ thể tầm quan trọng của phụ tải. Các trạm thủy điện nhỏ thường chọn mức bảo đảm $p = 60 - 80\%$. Con số này không phải là cố định mà khi thiết kế phải dựa vào tình hình cụ thể mà định cho thích hợp.

3. Xác định phương thức điều tiết và dung tích hồ điều tiết ngày: Phương thức điều tiết ngày thường có 2 loại. Một loại là tập trung lưu lượng trong một ngày, rồi tháo đều đặn trong một thời gian nào đó, chẳng hạn từ 18 - 23 giờ (hình 2.13), nếu trạm thủy điện hoàn toàn đảm nhiệm phụ tải thấp sáng.

Một loại nữa là thay đổi theo tình hình phụ tải, trong một ngày tháo nước không đều đặn (hình 1.4), dung tích hồ điều tiết theo phương thức này nhỏ hơn so với phương thức trên. Đặc điểm là mọi giờ trong ngày đều phát điện. Buổi tối dùng nhiều, ban ngày dùng ít. Do hai phương thức điều tiết ngày khác nhau nên dung tích hồ điều tiết ngày cũng khác nhau.



Hình 2.13: Đường nước dùng hàng ngày
(thấp sáng)



Hình 2.14: Đường nước dùng hàng ngày
(thấp sáng + công nghiệp)

Dung tích hồ điều tiết ngày theo phương thức điều tiết nước đều đặn tính theo công thức sau:

$$V = (1,10 \div 1,15)q(24 - t) \times 3600$$

Trong đó:

V - dung tích hồ điều tiết ngày (m^3);

1,10 ÷ 1,15 - hệ số an toàn, có xét đến sai sót của tài liệu, hoặc do tính toán không thật chính xác;

q - lưu lượng bảo đảm đã xác định (m^3/s);

t - thời gian tháo nước tập trung (giờ).

Khi tính dung tích hồ điều tiết theo yêu cầu biểu đồ phụ tải thì dùng phương pháp lập bảng (bảng 2.14).

Bảng 2.14

Thời gian	Lưu lượng tự nhiên, m^3/s	Lưu lượng phát điện q, (m^3/s)	Lưu lượng nước trừ hoặc xả	Tổng dung tích nước hồ (m^3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
			(+)	(-)

Trên cột (4) ghi hiệu số cột (2) và cột (3). Đó là lưu lượng trừ vào hồ (+) hoặc lưu lượng tháo ra khỏi hồ (-). Cột (5) là cột tổng dung tích của hồ chứa. Cuối cùng chọn trị số lớn nhất ghi trong cột (5) ta sẽ được dung tích hồ điều tiết ngày cần thiết.

4. *Xác định mực nước chết và mực nước dâng bình thường*: Trên các sông có nhiều bùn cát, khi xác định mực nước của hồ chứa phải xét đến ảnh hưởng của bùn cát lắng đọng đối với dung tích chết của hồ. Vì dung tích điều tiết ngày nhỏ, chỉ sau 1-2 lần nước lũ về là có thể bồi lấp toàn bộ dung tích hồ. Cho nên trong trường hợp này phải dùng một số biện pháp tạm thời để xử lý bùn cát, chẳng hạn tìm cách tháo cát, nạo vét nhân tạo... Ngoài ra, mực nước chết vẫn phải xác định theo cột nước thấp nhất khi vận hành tuốcbin.

Trước hết xác định sơ bộ cột nước và công suất của trạm thủy điện, dựa vào đó chọn tuốcbin. Như vậy sẽ biết được cột nước thấp nhất của loại tuốcbin đã chọn; lấy cột nước này cộng với mực nước hạ lưu ta sẽ được mực nước chết. Tra trên đường đặc tính mực nước - với dung tích ta được dung tích chết tương ứng. Mực nước chết này cũng chỉ là xác định sơ bộ.

Mực nước dâng bình thường là mực nước tương ứng với dung tích chết và dung tích điều tiết. Dung tích điều tiết được tính bằng phương pháp lập bảng.

5. *Xác định mực nước lũ cao nhất*: Phương pháp tính giống như ở ví dụ trên.

6. *Xác định công suất lắp máy*: Được xác định theo 2 phương thức điều tiết ngày khác nhau.

(1). Hồ chứa tập trung, tháo nước đều trong một thời đoạn nhất định. Trước hết hãy xác định lưu lượng thiết kế theo công thức:

$$Q = \frac{q \times 24 \times 3600}{t \times 3600}$$

Trong đó:

Q - lưu lượng thiết kế (m^3/s);

q - lưu lượng bảo đảm (m^3/s);

t - thời gian phát điện (giờ).

Xác định cột nước tính toán: Ta lấy $\frac{1}{2}$ dung tích điều tiết cộng với dung tích chết rồi tra trên đường quan hệ mực nước với dung tích ta sẽ được mực nước tương ứng. Lấy mực nước này trừ đi mực nước hạ lưu và cột nước tổn thất ta sẽ được cột nước tính toán. Dựa vào công thức $N = AQH$ sẽ tìm được công suất lắp máy. Ngoài ra, cần phải xét đến lượng nước dư thừa về mùa lũ hoặc ở những năm nhiều nước, trong thời gian này có lưu lượng thiên nhiên lớn hơn lưu lượng thiết kế. Để tận dụng được những tài nguyên thủy lợi đó, người ta thường lắp thêm một số công suất để phát ra điện năng có tính chất theo mùa. Như vậy công suất lắp máy thực có của trạm sẽ lớn hơn công suất lắp máy tất yếu (ứng với lưu lượng thiết kế). Nói chung, thường lấy số giờ sử dụng hàng năm của công suất lắp máy tăng thêm trên 1000 giờ thì mới kinh tế.

Căn cứ vào công suất lắp máy đã xác định để chọn tuốcbin và tổ máy hợp lí. Sau khi chọn được tổ máy, ta phải kiểm tra xem mực nước chết đã tính có thoả mãn yêu cầu cột nước nhỏ nhất của tuốcbin đã chọn hay không. Nếu không thoả mãn thì phải tính lại mực nước chết.

(2). Hồ chứa tháo nước không đều đặn: khi hồ tháo nước theo lưu lượng yêu cầu, công suất lắp máy được xác định bằng cách tính thao tác ghi ở bảng 2.15.

Bảng 2.15

Thời đoạn (giờ)	Lưu lượng nước thiên nhiên (m ³ /s)	Lưu lượng nước phát điện (m ³ /s)	Lưu lượng nước trữ hoặc tháo của hồ (m ³ /s)	Dung tích nước hồ cuối thời đoạn (m ³)	Tổng dung tích nước hồ cuối thời đoạn (m ³)	Cột nước (m)	Công suất (kW)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1							
2							
3							
.							
.							
.							

Ví dụ: ở một bản Y, dự định xây một trạm thủy điện để thấp sáng, hồ chứa tập trung tháo nước vào buổi tối. Tài liệu cho biết: lượng dòng chảy của các năm điển hình, đường đặc tính hồ chứa, mực nước hạ lưu trạm, tài liệu phụ tải. Yêu cầu xác định lưu lượng bảo đảm, dung tích hồ điều tiết ngày, mực nước chết, mực nước dâng bình thường và công suất lắp máy.

1. Các tài liệu cơ bản:

- Tài liệu thủy văn: dòng chảy 3 năm điển hình.

Bảng 2.16

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Tổng	Bình quân
Năm nhiều nước (25%)	0,75	0,84	0,76	3,40	2,42	4,25	0	3,04	1,05	1,00	0,51	0,30	18,05	1,5
Năm trung bình (50%)	0,54	0,49	0,40	0,56	1,00	4,00	0	0,01	0,64	1,69	1,43	0,67	11,45	0,95
Năm ít nước (75%)	0,30	0,67	0,61	1,69	1,18	1,17	0,01	1,12	1,72	0,69	0,10	0,20	9,86	0,82

- Mức nước hạ lưu trạm ở cao trình 16m.

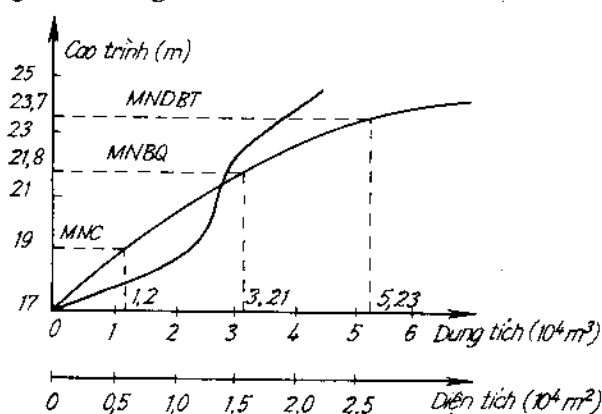
- Tài liệu phụ tải: phục vụ thấp sáng từ 17 giờ đến 24 giờ.

2. Xác định lưu lượng bảo đảm:

- Về đường quan hệ lưu lượng với mức bảo đảm: Để đơn giản tính lưu lượng, ta sắp xếp cứ cách 0,2m/sec là một trị số lưu lượng theo tài liệu thủy văn của 3 năm điển hình (bảng 2.17).

- Xác định mức bảo đảm: Chọn $p = 65\%$ (vì chủ yếu là thấp sáng).

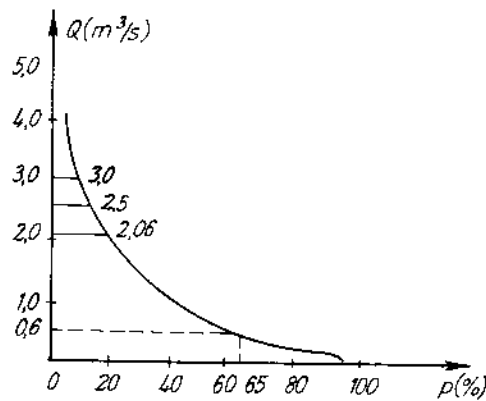
- Xác định lưu lượng bảo đảm: Tra được lưu lượng bảo đảm trên đường tần suất ứng với $p = 65\%$ là $0,6\text{m}^3/\text{s}$.



Hình 2.15: Đường đặc tính hồ chứa

Bảng 2.17

Số thứ tự	Lưu lượng (m^3/s)	Số lần xuất hiện	Cộng dồn số lần xuất hiện (m)	$p = \frac{m}{n+1} \%$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	4,2	1	1	2,70
2	4,0	1	2	5,40
3	3,8	0	2	5,40
4	3,6	0	2	5,40
5	3,4	1	3	8,10
6	3,2	0	3	8,10
7	3,0	1	4	10,80
8	2,8	0	4	10,80
9	2,6	0	4	10,80
10	2,4	1	5	13,50
11	2,2	0	5	13,50
12	2	0	5	13,50
13	1,8	0	5	13,50
14	1,6	3	8	21,60
15	1,4	2	10	27
16	1,2	0	10	27
17	1	5	15	40,5
18	0,8	1	16	43,2
19	0,6	7	23	62,1
20	0,4	5	28	75,7
21	0,2	5	33	89,3
22	0	3	36	97,4
23	0		$n = 36$	



Hình 2.16: Đường quan hệ lưu lượng với mức bảo đảm

3. Xác định dung tích điều tiết ngày:

$$V_{\text{ngày}} = 1,1 \times 3600 \times q(24 - t) = 1,1 \times 3600 \times 0,6(24 - 7) = 40.380 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ngày}} = 4,038 \times 10^4 \text{ m}^3$$

4. Xác định mực nước chết và mực nước dâng bình thường: Giả sử cột nước nhỏ nhất là 3m, thì sơ bộ xác định mực nước chết là $3 + 16 = 19\text{m}$, dung tích chết tương ứng là: $1,2 \times 10^4 \text{ m}^3$. Mực nước dâng bình thường của hồ chứa là mực nước tương ứng với dung tích chết cộng với dung tích điều tiết: $1,2 \times 10^4 \text{ m}^3 + 4,03 \times 10^4 \text{ m}^3 = 5,23 \times 10^4 \text{ m}^3$.

Tra trên đường đặc tính mực nước dung tích ta tìm được mực nước bình thường là 23,7m.

5. Xác định công suất lắp máy:

Lưu lượng thiết kế tính theo công thức:

$$Q = \frac{q \times 24 \times 3600}{t \times 3600} = \frac{0,6 \times 24 \times 3600}{7 \times 3600} = 2,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cột nước tính toán:

Mực nước thượng lưu là mực nước tương ứng với dung tích chết cộng với $\frac{1}{2}$ dung tích điều tiết: $\left(\frac{1}{2} 4,03 + 1,2 \right) 10^4 \text{ m}^3 = 3,21 \cdot 10^4 \text{ m}^3$.

Tra trên đường đặc tính mực nước với dung tích ta tìm được mực nước thượng lưu là 21,8m.

Vậy: $H_{tt} = 21,8 - 16 = 5,8\text{m}$ (cột nước tổn thất nhỏ không đáng kể).

Tuốcbin nối trực tiếp với máy phát điện cho nên chọn $A = 7,0$

Vậy công suất lắp máy là: $N = 7,0 \times 2,06 \times 5,8 = 84\text{kW}$

Đó là công suất lắp máy tất yếu của trạm thủy điện với lưu lượng bình quân ngày điều tiết về mùa kiệt là $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$. (Lưu lượng thiết kế tương ứng là $2,06 \text{ m}^3/\text{s}$). Nếu lưu lượng bình quân ngày lớn hơn 0,6 và nhỏ hơn 2,06 ($0,6 < q < 2,06$) thì trạm thủy điện có thể thay đổi thời gian

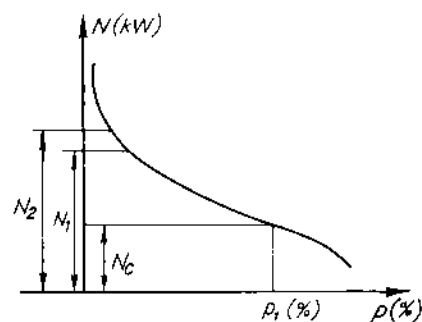
phát điện, không có nước thừa. Nếu lưu lượng bình quân ngày lớn hơn $2,06\text{m}^3/\text{s}$ (trường hợp lưu lượng mùa lũ khá lớn), trạm thủy điện sẽ có nước thừa tháo bỏ đi. Để tận dụng lượng nước thừa này, có thể tăng thêm một số công suất cho trạm thủy điện phát ra điện năng có tính chất mùa.

Nhìn trên đường lưu lượng với tần suất ta thấy: khi công suất lắp máy là 84kW , lưu lượng lớn nhất là $2,06\text{m}^3/\text{s}$, số giờ sử dụng hàng năm là: $8760 \times 20\% = 1750$ giờ. Nếu lưu lượng lớn nhất là $2,5\text{m}^3/\text{s}$, công suất lắp máy là 102kW , thì số giờ sử dụng hàng năm công suất đó là $8760 \times 18\% = 1580$ giờ. Nếu lưu lượng lớn nhất là $3,0\text{m}^3/\text{s}$, công suất lắp máy là 122kW , số giờ sử dụng hàng năm công suất đó là $8760 \times 16\% = 1400$ giờ. Ta thấy công suất lắp máy tăng từ $100 - 120\text{ kW}$ là có thể được. Đề nghị chọn công suất lắp máy là 100kW .

2.3. TÍNH TOÁN THUY NẢNG CHO TRẠM THUY ĐIỆN KHÔNG ĐIỀU TIẾT

Nếu trạm thủy điện chỉ dùng dòng chảy thiên nhiên mà không có hồ điều tiết thì gọi là trạm thủy điện không điều tiết. Công suất và điện năng của trạm này đều thay đổi theo lưu lượng thiên nhiên trong dòng chảy (hoặc lưu lượng trong kênh tưới). Lưu lượng càng lớn thì công suất càng lớn, lưu lượng nhỏ thì công suất nhỏ.

Chiều cao đập chủ yếu quyết định theo điều kiện địa hình và địa chất ở nơi xây dựng. Nếu tình hình địa chất và địa hình tốt có thể xây đập cao hơn (hoặc cống hoặc tràn) để có cột nước lớn hơn. Việc chọn công suất lắp máy giống như trạm thủy điện điều tiết ngày. Chọn mức bảo đảm trước, rồi tra trên đường lưu lượng với mức bảo đảm ta sẽ tìm được lưu lượng bảo đảm và sẽ tìm được công suất bảo đảm. Như hình vẽ 2.17, giả thiết 2 ÷ 3 trị số công suất lắp máy tìm ra điện năng hàng năm tương ứng, kết hợp với tổ máy để chọn trị số công suất lắp máy hợp lý nhất.



Hình 2.17: Đường quan hệ công suất với mức bảo đảm

Chương 3

CÁC CÔNG TRÌNH THỦY CÔNG CỦA TRẠM THỦY ĐIỆN NHỎ

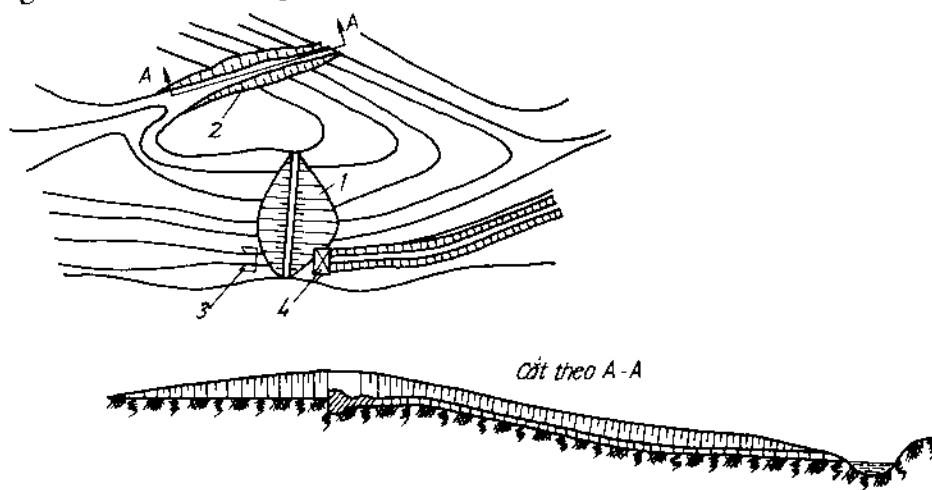
3.1. CÔNG TRÌNH ĐẦU MỐI

Các công trình tập trung ở khu vực ngăn dòng chảy và lấy nước ở sông vào, gọi chung là công trình đầu mối. Tùy theo kiểu trạm, chiều cao đập, tình hình địa hình, địa chất... mà có thể có các hình thức và sơ đồ bố trí công trình đầu mối khác nhau. Các sơ đồ bố trí chung đã nói ở phần 1.2. Dưới đây chúng tôi nói chi tiết thêm và cụ thể từng công trình.

3.1.1. Đập

Đập là công trình chắn ngang dòng chảy. Đối với trạm thủy điện kiểu đập, hoặc kiểu kết hợp đập - đường dẫn, nó có tác dụng nâng cao mực nước thượng lưu để tạo thành cột nước hoặc một phần cột nước của trạm thủy điện. Nhưng đối với trạm kiểu đường dẫn thì thông thường đập chỉ để ngăn dòng chảy, không cho chảy xuống hạ lưu mà chảy vào cửa lấy nước, còn tác dụng nâng cao mực nước không đáng kể. Trong nhiều trường hợp đập còn có tác dụng tạo thành hồ chứa để điều tiết dòng chảy.

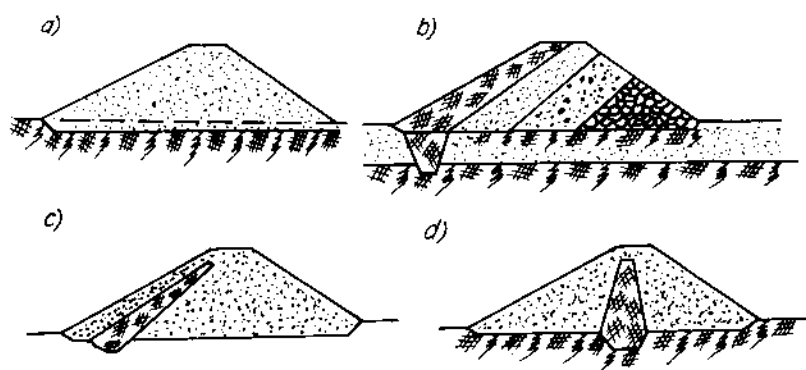
Đập có thể là đập không tràn, đập tràn, hoặc hai loại nối tiếp nhau. Có trường hợp đặt đập không tràn chắn ngang hoàn toàn dòng chảy và tháo lũ bằng cống xả lũ, như trường hợp các dòng sông ở trung du và đồng bằng khi lòng sông rộng, lưu lượng lũ nhỏ. Hoặc tháo lũ theo một đường tràn ở phía khác thuận lợi hơn, thường áp dụng trong trường hợp có hồ chứa, dung tích hồ chứa được phân lớn lượng nước lũ (hình 3.1).



Hình 3.1: Đập đất ngăn dòng chảy

1. Đập đất; 2. Đường tràn; 3. Cửa lấy nước; 4. Nhà máy

Đập không tràn của trạm thủy điện nhỏ thường dùng loại đập đất hoặc cũng có khi là đá, hay đá đất hỗn hợp. Đập đất thủy theo điều kiện vật liệu và địa chất mà có thể làm đập đồng chất (hình 3.2a), đập hỗn hợp: đập đắp bằng nhiều loại đất đá, càng về phía hạ lưu càng có hệ số thấm lớn dần (hình 3.2b), đập có tường nghiêng (hình 3.2c) và đập có lõi giữa (hình 3.2d)... Tường nghiêng và lõi giữa cũng có khi làm bằng vật liệu cứng như bê tông, bê tông cốt thép... nhưng thông thường là dùng đất sét có hệ số thấm nhỏ.



Hình 3.2: Các loại mặt cắt đập đất

- a) Đập đồng chất; b) Đập hỗn hợp có chân khay xuống tầng không thấm;
c) Đập có tường nghiêng; d) Đập có lõi giữa

Đối với các sông, suối nhỏ miền núi, lòng sông hẹp, lưu lượng lũ lớn, trong trường hợp không tạo thành hồ chứa hoặc có hồ chứa nhưng dung tích nhỏ không có khả năng điều tiết lũ, thì thông thường toàn bộ đập ngăn dòng chảy là đập tràn. Hình 1.2 là công trình đầu mối và nhà máy cùng tuyến với đập của trạm thủy điện kiểu đập. Đập ngăn sông là đập tràn có cửa van trên đỉnh đập.

Đập tràn có thể bằng đá xây, bê tông. Mặt cắt của đập thường hay làm theo kiểu trọng lực tam giác (hình 3.3a), loại này khó thi công, nhưng có hệ số lưu lượng lớn $m = 0,49 \div 0,56$.

Đối với các trạm thủy điện nhỏ, để cho dễ thi công thường mặt cắt đập tràn làm theo hình thang có đỉnh lượn tròn. Các kích thước trên đỉnh đập như sau:

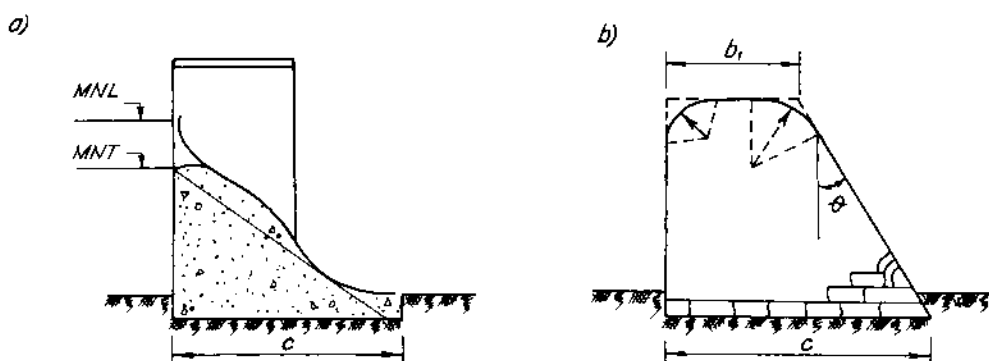
$$b_1 = (1 \div 2) H_{TK}$$

$$r = (0,25 \div 0,30) b_1; r_1 = b_1$$

$$\theta = 30^\circ \div 35^\circ$$

Hệ số lưu lượng của đập tràn mặt cắt hình thang có đỉnh lượn tròn $m = 0,475 \div 0,48$.

Khi thiết kế đập tràn, ngoài việc tính toán thủy lực, còn phải tính ổn định về trượt, lật và ứng suất dưới nền đập, xác định các kích thước của mặt cắt đập. Trị số chiều rộng đáy đập (c) trên nền không phải là đá có thể lấy như sau:



Hình 3.3: Mặt cắt đập tràn

a) Kiểu trọng lực tam giác (có cửa van tháo lũ); b) Kiểu hình thang có đỉnh lượn tròn

Đối với nền đất sét: $c = (2,75 \div 3,00) H'$

Đối với nền đất thịt: $c = (2,50 \div 2,75) H'$

Nền cát và cát pha sét: $c = (2,25 \div 2,50) H'$

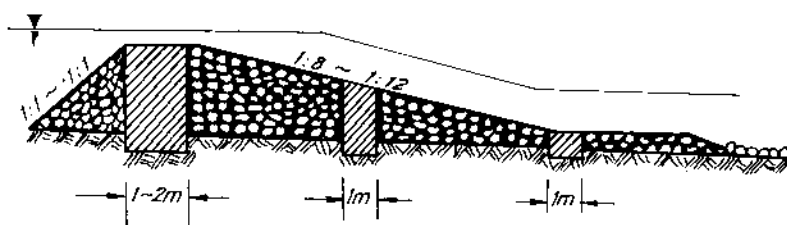
Nền đá sỏi cuội: $c = (2,00 \div 2,25) H'$

Trong đó:

H' - chênh lệch mực nước thượng hạ lưu.

Nếu công trình nhỏ, chiều cao đập và mực nước chênh lệch thượng hạ lưu khi tháo lũ thấp thì đập tràn cũng có thể làm theo các kiểu thô sơ để giảm bớt kinh phí xây dựng.

Hình 3.4 là đập đá tràn nước không bảo vệ mặt. Nó gồm 3 đến 4 hàng tường ngăn, các tường này thường có mặt cắt hình chữ nhật, chiều dày 1 ÷ 2m làm bằng bê tông hoặc đá xây, khoảng giữa các tường đổ đầy đá hộc, trên mặt lát nền bằng đá hộc lớn.

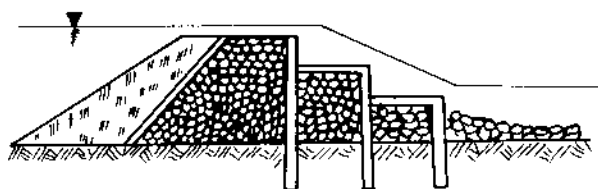


Hình 3.4: Đập đá tràn nước không bảo vệ mặt

Hình 3.5 là đập đóng cọc xếp đá. Đóng cọc gỗ hoặc tre thành nhiều hàng ngang thấp dần về phía hạ lưu, có thể buộc thêm nẹp gỗ ngang để cho chắc. Giữa các hàng cọc đổ đá hộc. Phía thượng lưu đắp đất sét chống thấm, giữa đất sét và thân đập làm tầng lọc ngược. Mặt tràn nước của đập xếp đá lớn, trên mặt ghim chặt các bè tre hoặc gỗ dài để giữ cho đá khỏi trôi.

3.1.2. Cửa lấy nước

Cửa lấy nước là công trình dùng để lấy nước vào đường dẫn hoặc trực tiếp vào nhà máy. Đối với nhà máy kiểu lòng sông thì cửa lấy nước thông thường là một bộ phận của nhà máy, nước dẫn trực tiếp từ cửa lấy nước vào buồng tuốcbin.



Hình 3.5: Đập đóng vọc xếp đá

Trường hợp nhà máy kiểu đường dẫn hoặc sau đập không tràn thì phải có cửa lấy nước riêng. Tùy theo hình thức lấy nước ở trên mặt hay dưới sâu mà cửa lấy nước làm theo kiểu cống hở hoặc cống có áp.

Cửa lấy nước kiểu cống hở thường có sơ đồ như hình 3.6. Vị trí cửa lấy nước tùy theo địa hình, địa chất và tùy theo sự lựa chọn tuyến đường dẫn mà quyết định.

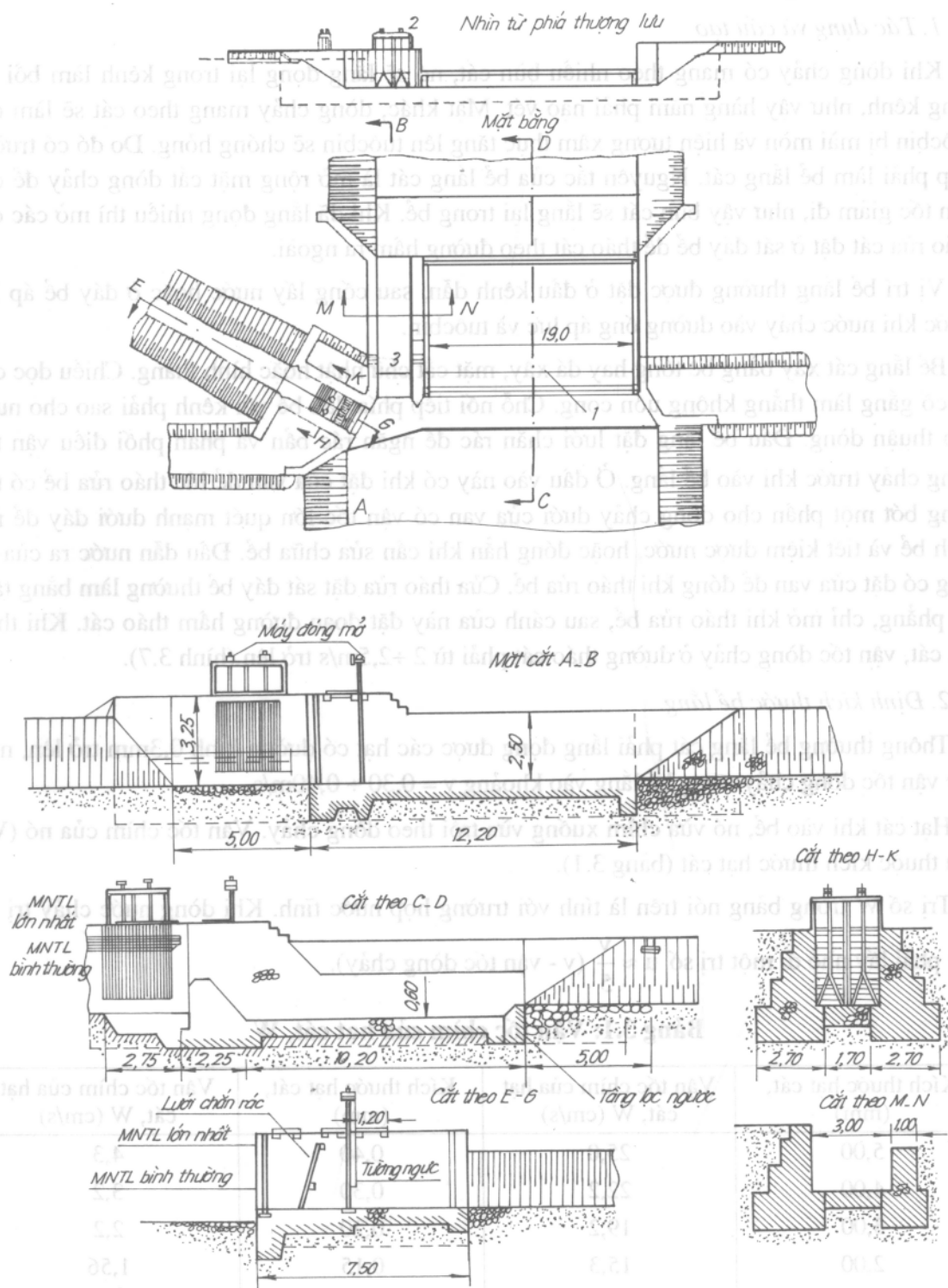
Thông thường cửa lấy nước đặt ở đầu đường dẫn, nhưng cũng có thể đặt lùi vào một đoạn. Để tránh bớt lượng bùn cát mang theo vào đường dẫn ngưỡng cống thường làm cao hơn đáy sông khoảng $1,0 \div 2,0\text{m}$. Trường hợp công trình đầu mối không có đập, ngưỡng cống phải làm thấp hơn trị số này để khỏi ảnh hưởng đến lưu lượng lấy vào trạm, khi đó nếu dòng chảy mang theo nhiều bùn cát có thể phải làm ngưỡng tháo lắp được bằng phai gỗ.

Tính toán thủy lực cửa lấy nước kiểu cống hở thường xét với 2 trường hợp:

1. Khi mực nước sông thấp nhất, cửa cống mở hoàn toàn, lưu lượng cần lấy vào trạm lớn nhất.
2. Khi mực nước sông cao nhất (mùa lũ), cửa cống không mở hoàn toàn, lưu lượng lấy vào trạm lớn nhất, nước chảy luồn dưới cửa cống. Trường hợp này phải tính toán nước nhảy để xác định biện pháp tiêu năng và bảo vệ bờ kênh sau cống (tham khảo các sách về thủy lực công trình).

3.1.3. Cống xả cát

Sau khi xây dựng đập, bùn cát trong dòng chảy sẽ lắng đọng dần ở phía thượng lưu làm cho cao trình đáy sông nâng cao, bùn cát dễ dàng vào cửa lấy nước, gây ra bồi lắng đường dẫn và có thể đem theo cát vào tuốcbin. Mặt khác, bùn cát lắng đọng sẽ dần dần chiếm hết dung tích của hồ chứa. Do đó phải làm cống xả cát để có thể tháo bùn cát lắng đọng ở phía thượng lưu. Cống này thường đặt cùng tuyến với đập (hình 3.6) hoặc có khi đục qua thân đập. Lúc đó phải chú ý gia cố phía hạ lưu cống để khỏi gây xói lở làm hư hỏng sân sau của đập. Cánh cửa thường dùng tấm sắt phẳng, đóng mở bằng ốc vô tận. Thường mở cống để xả cát vào mùa lũ.



Hình 3.6: Sơ đồ của lấy nước kiểu cống hở
1. Đập tràn; 2. Cửa đóng mở cống lấy nước; 3. Cống tháo cát

3.1.4. Bể lắng cát

1. Tác dụng và cấu tạo

Khi dòng chảy có mang theo nhiều bùn cát, nó sẽ lắng đọng lại trong kênh làm bồi lấp lòng kênh, như vậy hàng năm phải nạo vét. Mặt khác, dòng chảy mang theo cát sẽ làm cho tuốcbin bị mài mòn và hiện tượng xâm thực tăng lên tuốcbin sẽ chóng hỏng. Do đó có trường hợp phải làm bể lắng cát. Nguyên tắc của bể lắng cát là mở rộng mặt cắt dòng chảy để cho vận tốc giảm đi, như vậy bùn cát sẽ lắng lại trong bể. Khi đã lắng đọng nhiều thì mở các cửa tháo rửa cát đặt ở sát đáy bể để tháo cát theo đường hầm ra ngoài.

Vị trí bể lắng thường được đặt ở đầu kênh dẫn, sau cống lấy nước hoặc ở đáy bể áp lực trước khi nước chảy vào đường ống áp lực và tuốcbin.

Bể lắng cát xây bằng bê tông hay đá xây, mặt cắt chữ nhật hoặc hình thang. Chiều dọc của bể cố gắng làm thẳng không uốn cong. Chỗ nối tiếp phía đầu bể với kênh phải sao cho nước vào thuận dòng. Đầu bể lắng đặt lưới chắn rác để ngăn rác bẩn và phân phối đều vận tốc dòng chảy trước khi vào bể lắng. Ở đầu vào này có khi đặt cửa van để lúc tháo rửa bể có thể đóng bớt một phần cho dòng chảy dưới cửa van có vận tốc lớn quét mạnh dưới đáy để rửa sạch bể và tiết kiệm được nước, hoặc đóng hẳn khi cần sửa chữa bể. Đầu dẫn nước ra của bể lắng có đặt cửa van để đóng khi tháo rửa bể. Cửa tháo rửa đặt sát đáy bể thường làm bằng tấm sắt phẳng, chỉ mở khi tháo rửa bể, sau cánh cửa này đặt đoạn đường hầm tháo cát. Khi tháo rửa cát, vận tốc dòng chảy ở đường tháo cát phải từ $2 \div 2,5\text{m/s}$ trở lên (hình 3.7).

2. Định kích thước bể lắng

Thông thường bể lắng cát phải lắng đọng được các hạt có đường kính $0,3\text{mm}$ trở lên, như vậy vận tốc dòng chảy trong bể lắng vào khoảng $v = 0,30 \div 0,40\text{m/s}$.

Hạt cát khi vào bể, nó vừa chìm xuống vừa trôi theo dòng chảy. Vận tốc chìm của nó (W) phụ thuộc kích thước hạt cát (bảng 3.1).

Trị số W trong bảng nói trên là tính với trường hợp nước tĩnh. Khi dòng nước chảy trị số này phải lấy nhỏ đi một trị số $u \approx \frac{v}{5}$ (v - vận tốc dòng chảy).

Bảng 3.1: Vận tốc chìm của hạt cát, W

Kích thước hạt cát, (mm)	Vận tốc chìm của hạt cát, W (cm/s)	Kích thước hạt cát, (mm)	Vận tốc chìm của hạt cát, W (cm/s)
5,00	25,0	0,40	4,3
4,00	22,2	0,30	3,2
3,00	19,2	0,20	2,2
2,00	15,3	0,15	1,56
1,00	9,4	0,10	0,69
0,80	8,1	0,05	0,17
0,60	6,5		

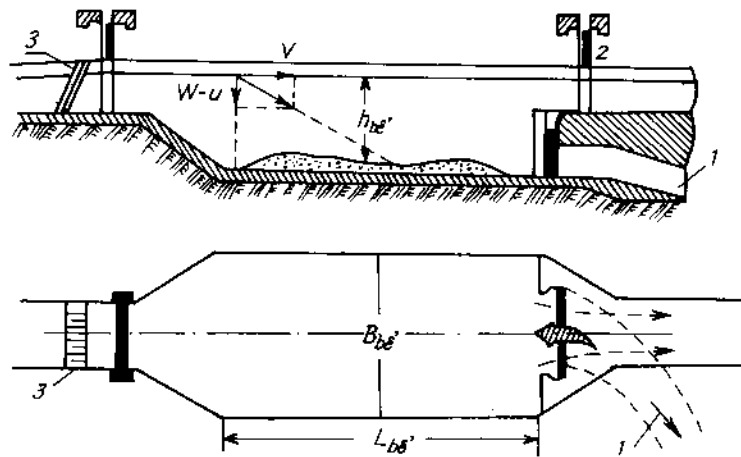
Như vậy, nếu gọi chiều sâu bể lắng là h thì thời gian để cho hạt cát chìm từ mặt nước xuống đến đáy phải là:

$$t = \frac{h}{W - u} \quad , \quad (\text{giây})$$

Chiều dài bể lắng L phải đủ cho hạt cát từ lúc bắt đầu vào bể còn ở trên mặt nước, nó trôi theo dòng chảy vừa chìm xuống và đến cuối bể lắng phải xuống tới đáy. Như vậy thời gian hạt cát trôi từ lúc bắt đầu vào bể đến cuối bể $\frac{L}{v}$ phải bằng thời gian hạt cát chìm từ

mặt nước đến đáy $t = \frac{h}{W - u}$ từ đó rút ra:

$$L = \frac{hv}{W - u} \quad , \quad (\text{m})$$



Hình 3.7: Bể lắng cát và sơ đồ lắng chìm của hạt cát
1. Hàm tháo cát; 2. Cửa để đóng, khi rửa bể; 3. Lưới chắn rác

Chiều dài thực của bể, để cho an toàn lấy tăng lên gấp đôi so với tính toán và để đơn giản có thể bỏ qua trị số u :

$$L_{bể} = \frac{2hv}{W}$$

Chiều dài toàn bộ của bể S bằng chiều dài $L_{bể}$ cộng thêm hai đoạn nối tiếp biến đổi dần từ tiết diện kênh đến tiết diện bể.

Chiều sâu thực của bể lắng $h_{bể}$ lấy tăng 20 ÷ 30% so với chiều sâu tính toán h đã chọn để có phần dự trữ chứa cát lắng đọng.

Nếu bể lắng có mặt cắt hình chữ nhật thì chiều rộng bể bằng:

$$B_{bể} = \frac{Q}{h_{bể} v} , \quad (m)$$

Trong đó:

Q - lưu lượng thiết kế kênh dẫn (m^3/s);

v - vận tốc dòng chảy trong bể, lấy trong khoảng $v = 0,3 \div 0,4 m/s$ như đã nói ở trên.

Từ hai công thức trên ta thấy rằng nếu tăng chiều rộng của bể, có thể giảm được chiều sâu và chiều dài của bể. Nhưng nếu lấy chiều rộng $B_{bể}$ lớn quá, vận tốc dòng chảy có thể phân bố không đều theo chiều rộng. Cho nên không nên lấy trị số $B_{bể}$ vượt quá $1/3$ chiều dài bể.

Trong trường hợp trạm thủy điện phải làm việc liên tục, có thể phải làm bể lắng cát hai ngăn. Tính toán kích thước bể cũng như trên, nhưng giữa bể có làm một tường dọc theo chiều dài bể, chia bể làm 2 ngăn. Khi rửa bể tiến hành rửa từng ngăn một, ngăn kia vẫn làm việc. Như vậy phải dành một nửa lưu lượng dòng chảy để rửa bể, do đó phải rửa bể vào mùa lũ và trong lúc yêu cầu phụ tải thấp.

3.2. KÊNH DẪN CỦA TRẠM THỦY ĐIỆN NHỎ

Kênh dẫn là loại đường dẫn áp dụng rộng rãi và giá thành rẻ nhất, thi công đơn giản, quản lý dễ dàng.

Kênh có thể đào, đắp, hoặc nửa đào nửa đắp (hình 3.8) kênh đắp giá thành tương đối cao và do đất đắp thường khó bảo đảm chất lượng nên dễ sinh sạt lở, thấm nước, vì vậy cố gắng tránh. Kênh nửa đào nửa đắp, vì đất đào dùng để đắp hai bên bờ kênh nên giá thành hạ.

Kênh dẫn của trạm thủy điện thường chạy trên sườn dốc nên hay gặp trường hợp một bên đào, một bên đắp. Cần chú ý rằng mái kênh phía đỉnh núi có thể sinh trượt đất, còn mái về phía chân núi dễ thấm nước, vì vậy phải đầm nện kỹ. Vì kênh đặt trên sườn dốc, nên có trường hợp khối lượng đào rất lớn. Chọn tuyến kênh phải sao cho khối lượng thi công nhỏ nhất, kênh đi qua vùng đất ổn định, ít thấm nước và không cắt qua chỗ quá dốc. Ở chỗ tuyến kênh đi qua khe hoặc suối nhỏ phải làm những công trình đưa nước qua như cầu máng, ống dẫn, xiphông ngược... chỗ kênh uốn cong bán kính cong R không nên lấy nhỏ hơn $5b$ (b - chiều rộng đáy kênh). Mặt cắt kênh, khi nền đá, có thể làm theo hình chữ nhật, còn nếu nền đất phải đào theo mặt cắt hình thang.

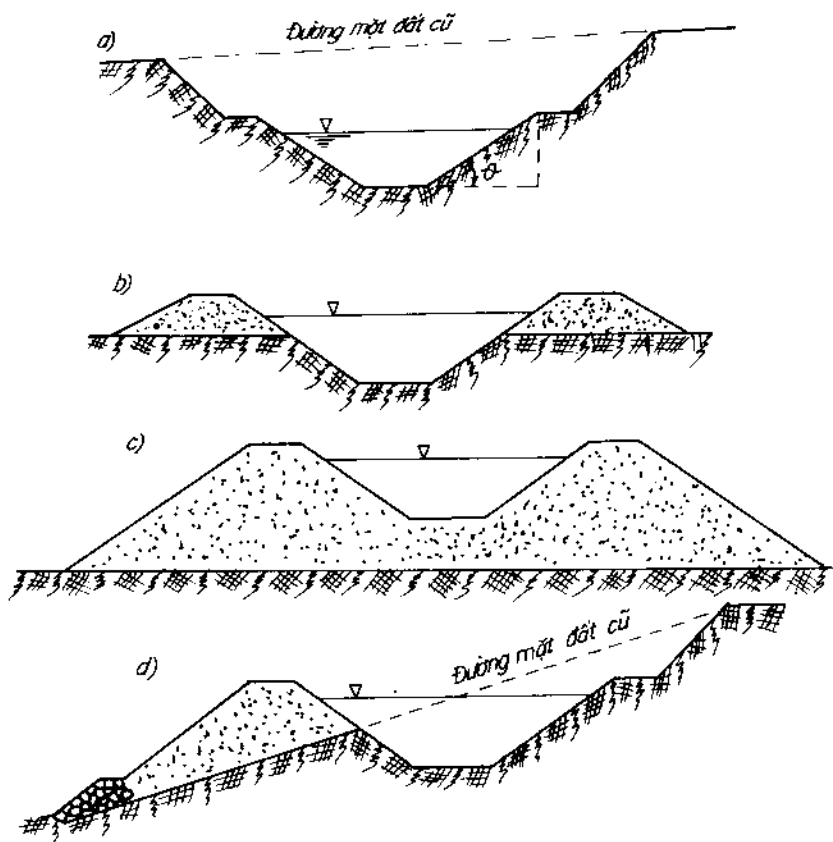
Lưu lượng dòng chảy trong kênh cũng không cố định mà nó thay đổi theo biểu đồ phụ tải. Khi thiết kế tính cho kênh chảy đều với lưu lượng thiết kế của trạm thủy điện.

Kênh dẫn có thể chia ra 2 loại: kênh không tự điều tiết và kênh tự điều tiết.

Trên kênh không tự điều tiết, ở cuối kênh (tại bể áp lực) có làm ngưỡng tràn để xả nước thừa khi lưu lượng của trạm thủy điện nhỏ hơn lưu lượng trong kênh. Cách tính toán ngưỡng tràn sẽ trình bày trong phần bể áp lực. Vì có ngưỡng tràn ở cuối kênh nên khi đóng tuốcbin

đột ngột mực nước trong kênh không dâng lên cao. Bờ kênh có thể làm song song với đáy và như thế khối lượng đào đắp kênh sẽ nhỏ, giá thành rẻ. Nói chung thì kênh không tự điều tiết được ứng dụng rộng rãi, đặc biệt là cho những trường hợp chiều dài kênh lớn, dòng nước trong kênh mang nhiều bùn cát.

Trên kênh tự điều tiết, ở cuối kênh không làm ngưỡng tràn, hoặc có làm nhưng đỉnh ngưỡng tràn đặt ở cao trình gần bằng mực nước đầu kênh. Khi lưu lượng tháo qua kênh bằng lưu lượng qua tuôcbin thì trong kênh hình thành dòng chảy đều. Khi giảm phụ tải, lưu lượng qua tuôcbin giảm xuống nhỏ hơn lưu lượng kênh, chiều sâu dòng chảy ở cuối kênh tăng dần lên, độ dốc mặt nước giảm đi, do đó lưu lượng qua kênh cũng giảm theo cho đến khi bằng lưu lượng qua tuôcbin. Như vậy với mỗi lưu lượng làm việc, trong kênh sẽ hình thành một đường mặt nước nhất định. Khi ngắt phụ tải hoàn toàn mực nước trong kênh sẽ dâng lên đến mực nước tĩnh.

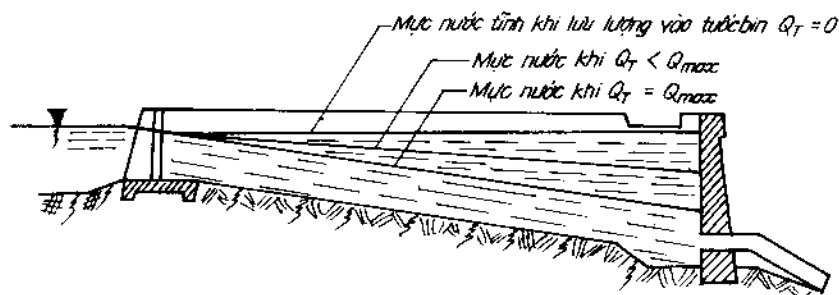


Hình 3.8: Các hình thức mặt cắt kênh

a) Đào; b) Vừa đào vừa đắp; c) Đắp; d) Bên đào bên đắp

Kênh tự điều tiết có ưu điểm chủ yếu là về mùa kiệt khi lưu lượng dòng chảy qua kênh không đạt được trị số thiết kế thì mực nước cuối kênh dâng lên (đường nước dâng) có thể tăng cột nước cho trạm. Mặt khác thể tích giữa hai đường mặt nước ứng với $Q_T = Q_{\max}$ và

$Q_T = 0$ có thể tham gia vào việc điều tiết dòng chảy. Nhưng nó có khuyết điểm là khối lượng đào đắp lớn hơn kênh không tự điều tiết, vì độ sâu càng về cuối càng lớn. Ngoài ra, khi lưu lượng tháo qua kênh nhỏ hơn lưu lượng thiết kế, vận tốc dòng chảy trong kênh có thể rất nhỏ, gây ra bồi lắng nhanh lòng kênh. Do đó kênh tự điều tiết chỉ thích hợp khi có chiều dài tương đối ngắn, lượng ngậm cát của dòng chảy nhỏ và thời gian nước kiệt tương đối dài (hình 3.9).



Hình 3.9: Kênh tự điều tiết

3.2.1. Tính toán kênh dẫn

Tính toán kênh dẫn theo trình tự sau:

1. Định vận tốc dòng chảy trong kênh

Vận tốc dòng chảy v trong kênh phải không được vượt quá vận tốc giới hạn xói mòn lòng kênh $v_{xói}$ và không nhỏ hơn vận tốc giới hạn bồi lắng $v_{bồi}$.

Vận tốc giới hạn xói mòn phụ thuộc vào chất đất và chiều sâu của lòng kênh, trị số $v_{xói}$ trung bình có thể tham khảo ở bảng 3.1 cho đất không dính và bảng 3.2 cho đất dính, ứng với các chiều sâu dòng chảy khác nhau.

Bảng 3.1. Trị số $v_{xói}$ trung bình đối với đất không dính

Loại đất	Kích thước hạt đất (mm)	Trị số $v_{xói}$ trung bình (m/s) khi chiều sâu trung bình của dòng chảy bằng các trị số dưới đây (m)		
		0,4	1,0	2,0
Cát nhỏ hạt	0,05 - 0,25	0,17 - 0,27	0,21 - 0,32	0,24 - 0,37
Cát trung bình	0,25 - 1,0	0,27 - 0,47	0,32 - 0,57	0,37 - 0,65
Cát hạt lớn	1,0 - 2,5	0,47 - 0,52	0,57 - 0,65	0,65 - 0,75
Sỏi	2,5 - 15	0,53 - 0,95	0,65 - 1,20	0,75 - 1,3
Cuội	15 - 75	0,95 - 2,00	1,20 - 2,40	1,30 - 2,8

Bảng 3.2. Trị số v_{xoi} trung bình đối với đất dính

Loại đất	Trị số v_{xoi} trung bình (m/s)					
	Đất mịn trung bình			Đất mịn		
	Khi chiều sâu trung bình của dòng chảy bằng (m)					
	0,4	1,0	2,0	0,4	1,0	2,0
Đất sét, á sét nặng	0,70	0,85	0,95	1,0	1,2	1,4
Đất hoàng thổ khi đã hết lún	0,6	0,7	0,8	0,8	1,0	1,2

Định vận tốc giới hạn bồi lắng của dòng chảy thường tính với đường kính trung bình của hạt cát bằng $d_{tb} = 0,25\text{mm}$. Khi đó:

$$v_{bôi} = 0,5 \cdot \frac{0,0225}{n} \sqrt{R} \quad , \quad (\text{m/s}) \quad (3-1)$$

Trong đó:

n - hệ số nhám của lòng kênh;

R - bán kính thủy lực của mặt cắt dòng chảy.

Nói chung vận tốc trong kênh không nên lấy lớn quá, vì nếu chọn vận tốc lớn thì độ dốc lòng kênh phải lớn, tổn thất cột nước sẽ nhiều. Thường lấy vận tốc trong kênh khoảng $1,5 \div 2,5\text{m/s}$ so với kênh có lớp bảo vệ, với kênh không có lớp bảo vệ phải lấy nhỏ hơn.

2. Định độ dốc mái kênh

Độ dốc mái kênh tùy theo chất đất mà quyết định, có thể tham khảo bảng 3.3.

Bảng 3.3

Loại đất	Độ dốc mái , m
Cát hạt rất nhỏ	3,0 - 3,5
Cát xốp và cát pha một ít sét	2,0 - 2,5
Cát, cát mịn chặt và sét pha cát loại xốp	1,5 - 2,0
Sét pha cát loại trung bình và hoàng thổ	1,5
Sét pha cát loại mịn chặt, hoàng thổ mịn và sét thường	1,0 - 1,5
Sét mịn chặt	1,0
Sỏi và cát lẫn sỏi	1,5
Cuội	1,25

3. Định mặt cắt kênh

Với kênh mặt cắt hình thang có các kích thước xác định như sau:

Gọi tỉ số giữa chiều sâu mực nước trong kênh h với chiều rộng đáy kênh b là $\beta = \frac{b}{h}$ thì diện tích mặt cắt dòng chảy (mặt cắt chỉ tính từ mặt nước trở xuống) trong kênh là:

$$\omega = (\beta + m)h^2, \quad (m^2) \quad (3-2)$$

m - độ dốc mái kênh, bằng tỉ số chiều nằm ngang trên chiều đứng của mái (cotg θ ở hình 3.10).

Chu vi ướt (đường tiếp xúc giữa dòng chảy với lòng kênh):

$$X = (\beta + 2\sqrt{1+m^2})h, \quad (m) \quad (3-3)$$

Bán kính thủy lực:

$$R = \frac{\omega}{X} = \frac{(\beta + m)}{\beta + 2\sqrt{1+m^2}}h, \quad (m) \quad (3-4)$$

Giữa lưu lượng thiết kế của kênh, vận tốc trung bình của dòng chảy, mặt cắt dòng chảy có hệ thức:

$$\omega = \frac{Q}{v}, \quad (m^2) \quad (3-5)$$

Trong đó nếu định vận tốc v của dòng chảy (lấy theo điều kiện không xói và không bồi nói trên) thì sẽ tính được mặt cắt dòng chảy ω .

Với mặt cắt dòng chảy đã chọn thì tùy theo chiều rộng đáy kênh b , có thể theo công thức (3-2) mà định được độ sâu mực nước trong kênh h .

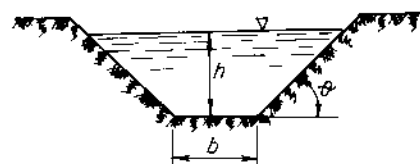
Xét về mặt cột nước thì tỉ số β lợi nhất là khi tổn thất của dòng chảy nhỏ nhất, tính theo công thức:

$$\beta_o = \frac{b}{h} = 2(\sqrt{1+m^2} - m) \quad (3-6)$$

Ứng với tỉ số này sẽ có chu vi ướt nhỏ nhất và bán kính thủy lực $R = 0,5h$.

Với các độ dốc mái khác nhau sẽ tính được các tỉ số như sau:

m	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0
$\beta_o = \frac{b}{h}$	1,00	0,83	0,70	0,61	0,47	0,38	0,32



Hình 3.10: Mặt cắt kênh

Có khi do những yêu cầu khác mà phải chọn tỉ số β khác với β_o . Ví dụ với mặt cắt kênh nhỏ quá, mà lấy theo β_o chiều rộng đáy kênh có thể nhỏ quá khó thi công và quản lí, nên có thể phải lấy b tăng lên.

4. Tính toán độ dốc lòng kênh

Như ở trên đã nói, thiết kế kênh tính với trường hợp chảy đều khi lưu lượng trong kênh bằng lưu lượng thiết kế của trạm thủy điện. Theo công thức thủy lực với trạng thái chảy đều, có công thức:

$$Q = \omega_o \sqrt{R i_o} \quad , \quad (m^3/s) \quad (3-7)$$

Trong đó:

ω_o - mặt cắt dòng chảy ứng với trạng thái chảy đều;

R - bán kính thủy lực;

i_o - độ dốc lòng kênh, ứng với trạng thái chảy đều;

C - hệ số sêđi, tra trong các sách thủy lực, hoặc có thể tính theo công thức sau:

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + \frac{23n}{\sqrt{R}}} \quad (3-8)$$

hoặc

$$C = \frac{1}{n} R^{0,167} \quad (3-9)$$

Trong đó: n - hệ số nhám của lòng kênh, có ghi trong các bảng ở các sách thủy lực, hoặc có thể lấy như sau:

Lòng kênh là đất nhẵn hoặc tương đối nhẵn và bằng phẳng: $n = 0,0225 \div 0,0250$.

Lòng kênh là đất gồ ghề nhiều: $n = 0,0275 \div 0,0300$. Từ đó tính ra độ dốc cần thiết của lòng kênh:

$$i_o = \frac{Q^2}{\omega_o^2 C^2 R} = \frac{v_o^2}{C^2 R} \quad (3-10)$$

Trong các công thức trên chỉ số 0 là tính với trạng thái chảy đều.

5. Trình tự tính toán kênh

Trước hết định ra độ dốc mái kênh m (theo bảng 3.3). Sau đó định vận tốc dòng chảy trong kênh sao cho nhỏ hơn $v_{xôi}$. Trình tự tính toán tiếp theo có thể tiến hành theo 3 cách:

1. Tự định h_o sau đó tính ra ω , b và i_o như sau:

Theo công thức (3-5) có:
$$\omega_o = \frac{Q}{v_o}$$

Theo công thức (3-2) tính được:
$$b = \frac{\omega_o}{h_o} - m h_o$$

Thay $\beta = \frac{b}{h_o}$ rồi tính bán kính thủy lực R theo công thức (3-4).

Tính $v_{bôi}$ theo công thức (3-1) và kiểm tra xem trị số v_o chọn ở trên có thoả mãn điều kiện $v_o > v_{bôi}$ không, nếu $v_o < v_{bôi}$ phải chọn lại trị số v_o và tính lại theo các công thức nói trên.

Cuối cùng xác định độ dốc cần thiết của lòng kênh theo công thức (3-10).

2. Có thể định trị số b trước rồi tính ra h_o như sau:

Vẫn dùng công thức $\omega_o = \frac{Q}{v_o}$ sau đó từ (3-2) rút ra:

$$h_o = \frac{1}{2m} (\sqrt{b^2 + 4m\omega_o} - b_o)$$

Từ đó R , C và i cũng tính như trên.

3. Có thể định β trước, như sau:

Vẫn dùng công thức: $\omega_o = \frac{Q}{v_o}$

Theo công thức (3-2) rút ra:

$$h_o = \sqrt{\frac{\omega_o}{\beta + m}}$$

Từ đó tính ra $b = \beta h_o$.

Các trị số R , C và i_o tính như trên.

Ví dụ: Tính toán kênh dẫn có lưu lượng thiết kế: $Q = 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Đất lòng kênh là đất sét thường. Chiều dài kênh dẫn $l = 1.500 \text{ m}$.

Chọn vận tốc dòng chảy trong kênh $v_o = 0,7 \text{ m/s}$. Như vậy mặt cắt dòng chảy:

$$\omega_o = \frac{0,6}{0,7} = 0,85 \text{ m}^2$$

Theo bảng 3.3, chọn độ dốc mái kênh $m = 1,5$.

Chọn chiều rộng đáy kênh $b = 0,5 \text{ m}$. Vậy độ sâu dòng chảy trong kênh:

$$h_o = \frac{1}{3} (\sqrt{0,5^2 + 4 \times 1,5 \times 0,85} - 0,5) = 0,6 \text{ m}$$

Bán kính thủy lực theo công thức (3-4) tính được:

$$R = \frac{\left(\frac{0,5}{0,6} + 1,5 \right) 0,6}{\frac{0,5}{0,6} + 2\sqrt{1 + 1,5^2}} = 0,32$$

Với loại đất này chọn hệ số nhám $n = 0,025$.

Vận tốc giới hạn bồi lắng:

$$v_{\text{bôi}} = 0,5 \frac{0,0225}{0,025} \sqrt{0,32} = 0,25 \text{ m/s}$$

Như vậy vận tốc chọn trên $v_o = 0,7 \text{ m/s} > v_{\text{bôi}}$, không sinh bồi lắng.

Kiểm tra xói mòn lòng kênh: theo bảng 3.2 với đất sét thường khi chiều sâu $h = 0,4 \text{ m}$ có $v_{\text{xói}} = 0,7 \text{ m/s}$. Ở đây $v_o = 0,7 \text{ m/s}$ nhưng chiều sâu $h_o = 0,6 \text{ m} > 0,4 \text{ m}$. Vậy không sinh xói mòn lòng kênh.

Tính độ dốc đáy kênh:

Hệ số C tính theo công thức (3-8):

$$C = \frac{23 + \frac{1}{0,025}}{1 + \frac{23 \times 0,025}{\sqrt{0,32}}} = 31,2$$

Vậy độ dốc cần thiết của lòng kênh:

$$i_o = \frac{0,7^2}{31,2^2 \times 0,32} = 0,00157$$

Vì ở trên tính với trạng thái chảy đều, nên chiều sâu trong kênh không thay đổi theo chiều dài kênh. Như vậy độ dốc mặt nước bằng độ dốc đáy kênh. Do đó chênh lệch giữa cao trình mặt nước đầu kênh và cuối kênh:

$$\Delta h = li_o = 1500 \times 0,00157 = 2,355 \text{ m}$$

(không kể tổn thất cục bộ qua những chỗ có biến đổi đột ngột).

3.2.2. Bảo vệ lòng kênh

Trong trường hợp cần chống thấm phải làm mặt bảo vệ cho lòng kênh

Mặt bảo vệ lòng kênh bằng bê tông vì rất đắt nên ít áp dụng. Loại bằng bê tông có thể làm thành mặt liền hoặc làm thành từng tấm lát. Nếu làm mặt liền thì khoảng $3 \div 4 \text{ m}$ phải bố trí khe nối, giữa lớp bảo vệ đáy kênh và mái kênh cũng bố trí khe nối theo hướng dọc. Khe nối hướng ngang của mặt bảo vệ mái và đáy kênh phải bố trí so le. Khe nối có thể đặt thành gỗ hoặc nhựa đường nhét vào khe để chống thấm.

Mặt bảo vệ bằng đá lát khan áp dụng khi vận tốc dòng chảy trong kênh lớn, đá dùng để lát phải không bị phá hoại khi ngâm nước. Mặt bảo vệ bằng đá xây, mặt ngoài của lớp xây phải bằng phẳng hoặc trát lớp vữa xi măng dày $2 \div 3 \text{ cm}$ để giảm tổn thất cột nước, chiều dày lớp đá xây vào khoảng $25 \div 30 \text{ cm}$. Nếu lòng kênh không phải là cát thì dưới mặt đá lát rải lớp đệm cát hạt lớn hoặc đá dăm dày $15 \div 30 \text{ cm}$.

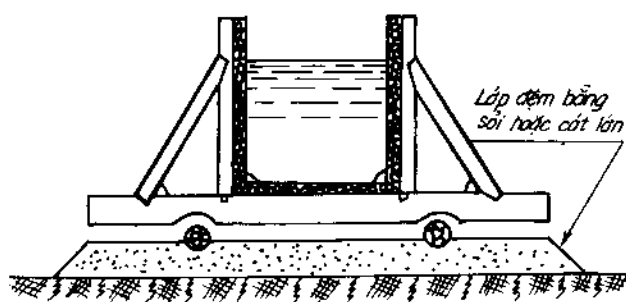
Mặt bảo vệ bằng đất sét hoặc sét pha cát, chủ yếu là dùng chống thấm, giá thành thấp nên dùng ở trạm nhỏ rất thích hợp. Đất sét để làm mặt bảo vệ phải dẻo, hệ số thấm nhỏ, lẫn ít chất hoà tan (dưới 3%, tính theo trọng lượng) và ít lẫn chất hữu cơ (không quá 1%). Độ dày lớp bảo vệ bằng đất sét khoảng $30 \div 60\text{cm}$. Trường hợp kênh là nửa đào nửa đắp thì về phía đắp lớp bảo vệ nên làm dày hơn một ít. Độ cao an toàn của lớp bảo vệ bằng đất sét cao hơn mặt nước trong kênh khoảng 30cm. Lớp bảo vệ này có thể trực tiếp đắp trên đất thiên nhiên của lòng kênh. Cũng có trường hợp cần chống xói và những tác dụng phá hoại khác, có khi còn rải một lớp bảo vệ bằng đá cuội hoặc đá dăm dày $20 \div 30\text{cm}$ trên lớp đất sét.

Có trường hợp lớp bảo vệ lòng kênh làm bằng hỗn hợp vôi, nước và đất sét, giá thành tương đối hạ, tác dụng chống thấm và xói tương đối tốt. Các khe nối của lớp bảo vệ có thể đặt các thanh gỗ để chống thấm.

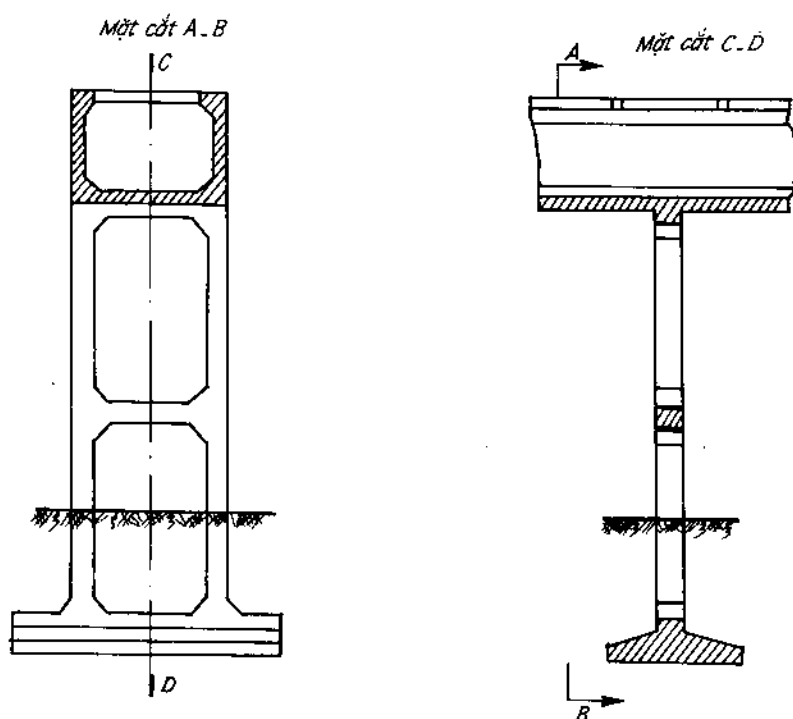
3.3. MÁNG DẪN

Như trên đã nói, trong trường hợp địa hình, địa chất không cho phép đào kênh, có thể làm máng dẫn, hoặc tuy vẫn dùng kênh dẫn nhưng đi qua chỗ không đặt được kênh (khe suối, vượt qua kênh dẫn khác...) có thể phải dùng một đoạn máng dẫn. Máng dẫn làm bằng gỗ, có khi làm bằng bê tông cốt thép. Có trường hợp máng đặt sát đất, khi đó dưới máng đệm một lớp cát to, đá sỏi cuội, đá dăm... (hình 3.11). Hoặc khi vượt qua suối phải làm cầu máng có dầm đỡ (hình 3.12).

Tính toán thủy lực cho máng dẫn cũng như kênh dẫn, nhưng mặt cắt máng thường là hình chữ nhật, nên trong các công thức thay $m = 0$. Tỷ số giữa chiều rộng và chiều cao của mặt cắt dòng chảy lợi nhất về thủy lực lúc này là $\beta_0 = \frac{b}{h} = 2$. Nhưng do điều kiện kết cấu thường lấy b và h gần bằng nhau.



Hình 3.11: Máng dẫn bằng gỗ đặt sát đất



Hình 3.12: Cầu máng bằng bê tông có chân đỡ

3.4. BỂ ÁP LỰC

Bể áp lực là một công trình nối tiếp kênh dẫn với ống dẫn nước vào tuốcbin.

Thông thường đường dẫn nước của trạm thủy điện là kênh hở, không tự điều tiết. Khi phụ tải tăng đột ngột lưu lượng qua kênh nhỏ hơn lưu lượng vào tuốcbin và mực nước ở cuối kênh sẽ bị hạ thấp. Lúc này nếu chiều sâu cuối kênh không đủ, không khí có thể hút theo vào đường ống gây ảnh hưởng đến sự làm việc của tuốcbin. Khi giảm phụ tải đột ngột mực nước cuối kênh sẽ dâng cao, nếu không có công trình xả nước, nước có thể tràn qua bờ kênh làm hư hỏng bờ kênh và các công trình ở gần. Vì vậy bể áp lực phải có một chiều sâu cần thiết và chứa được một thể tích nước đủ để ngăn ngừa hiện tượng không khí bị hút vào đường ống do mực nước trong bể hạ thấp khi tăng phụ tải. Đồng thời phải có ngưỡng tràn xả nước thừa đủ tháo toàn bộ lưu lượng thiết kế của nhà máy khi đóng tuốcbin đột ngột, để cho mực nước trong kênh không dâng lên quá trị số quy định. Ngoài ra bể áp lực còn có những tác dụng sau:

- Nếu trạm thủy điện đặt nhiều đường ống, bể áp lực sẽ chia thành nhiều ngăn để phân phối lưu lượng vào từng đường ống.
- Ở bể áp lực phải đặt lưới chắn rác giữ cho rác bẩn khỏi vào đường ống và đặt cửa van ở đầu ống dẫn để đóng không cho nước vào khi cần kiểm tra, sửa chữa đường ống hoặc khi phát sinh sự cố.

- Bể áp lực còn có nhiệm vụ lắng cát để cho dòng chảy vào ống sạch hơn.

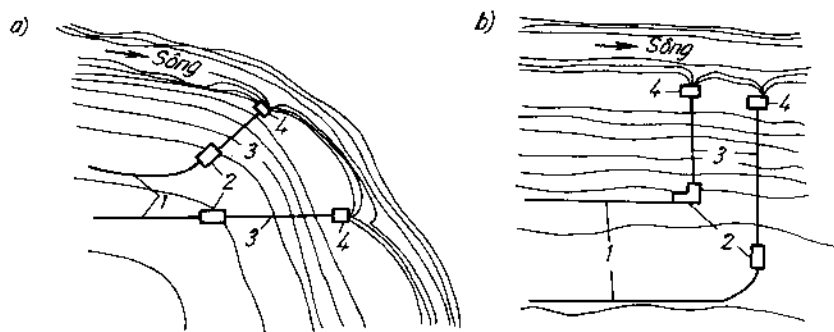
3.4.1. Vị trí, cấu tạo và cách bố trí bể áp lực

Vị trí của bể áp lực nên đặt trên nền thiên nhiên có khả năng chống trượt cao. Khi đặt bể trên sườn dốc cần chú ý tới khả năng sạt lở của sườn dốc.

Vị trí và sự bố trí mặt bằng của bể áp lực phụ thuộc vào sơ đồ bố trí toàn bộ trạm thủy điện. Khi định vị trí của bể phải chú ý các điểm sau:

Bể áp lực gắn sát với sườn dốc thì đường ống có thể ngắn đi, nhưng nếu đặt bể sát với sườn dốc quá thì trong điều kiện nền móng không tốt, toàn bộ bể áp lực cùng với đất nền bị trượt theo sườn dốc gây nên sự cố nghiêm trọng, hoặc do áp lực thấm làm xói đất nền gây lún không đều. Do đó, bể áp lực nên bố trí lùi vào phía trong một ít, cố gắng bố trí bể trên nền thiên nhiên có cao trình mặt đất ở khoảng $2/3$ chiều sâu của nước trong bể để có thể đào đi một lớp đất trên mặt. Cần hết sức tránh đặt bể trên nền đất đắp.

Tùy theo điều kiện địa hình mà có những phương án bố trí khác nhau như hình 3.13. Tốt nhất là đường tim của kênh dẫn và của bể áp lực nằm trên một đường thẳng hoặc gần thẳng (hình 3.13a), như vậy nước chảy vào thuận, tổn thất thủy lực nhỏ. Nhưng trong trường hợp nhà máy nằm trên sườn dốc của đoạn sông thẳng (hình 3.13b), đường tim của ống dẫn sẽ vuông góc hoặc gần vuông góc với đường tim của kênh dẫn, do đó có thể làm đoạn cuối kênh uốn cong hoặc làm bể áp lực vuông góc. Lựa chọn hình thức và kết cấu của bể áp lực phải cố gắng cho kết cấu đơn giản, sử dụng vật liệu tại chỗ, điều kiện thủy lực có lợi, bảo đảm cho nhà máy làm việc ổn định và an toàn, quản lý dễ dàng, giá thành hạ.



Hình 3.13: Các phương thức bố trí bể áp lực
1. Kênh dẫn; 2. Bể áp lực; 3. Ống dẫn nước; 4. Nhà máy.

Cấu tạo của bể áp lực gồm hai phần: phần trước và phần thu nước.

Phần trước: là phần nối tiếp giữa phần thu nước và kênh dẫn. Có chiều sâu và chiều rộng tăng dần từ chiều sâu và chiều rộng của kênh đến chiều sâu và chiều rộng của phần thu nước, đồng thời để tạo thành trước phần thu có một thể tích nước và một độ sâu cần thiết. Một phía tường bên của phần này có đặt ngưỡng tràn để xả nước thừa đảm bảo cho mực

nước cuối kênh ổn định. Ngưỡng tràn tính với trường hợp khi nhà máy đang làm việc với lưu lượng lớn nhất $Q_{\max}$ mà đột ngột ngừng lại, như vậy toàn bộ lưu lượng này phải tháo qua ngưỡng tràn. Công thức tính thủy lực của ngưỡng tràn:

$$Q = m\sqrt{2g} b h_{th}^{3/2}, \quad (m^3/s)$$

Trong đó:

m - hệ số lưu lượng, lấy bằng $0,38 \div 0,40$ tùy theo hình dạng mặt cắt của ngưỡng tràn;

b - chiều dài đỉnh ngưỡng tràn (m);

h_{th} - cột nước trên đỉnh ngưỡng tràn (m). Thường lấy $h_{th} = 0,2 \div 0,6m$ để cho mực nước trong bể khỏi dâng lên cao quá.

Cao trình đỉnh ngưỡng tràn lấy cao hơn mực nước bình thường (khi nhà máy làm việc với lưu lượng thiết kế) khoảng $3 \div 5cm$.

Sau khi định ra h_{th} có thể tính được chiều dài cần thiết của đỉnh ngưỡng tràn b .

Phân thu nước: là phần chủ yếu, nối tiếp bể với đầu đường ống. Ở phần này đặt tất cả các thiết bị như cửa đóng mở đầu đường ống, lưới chắn rác, cầu công tác để đóng mở cửa và vớt rác. Tường ở phía đầu bể nối với đường ống gọi là tường áp lực phải làm dày để chịu được áp lực nước trong bể và lực dọc trục của đường ống. Phân thu nước nối liền với phần trước và nếu trạm đặt nhiều đường ống phải chia làm nhiều ngăn (mỗi đường ống một ngăn). Cửa đóng mở đầu đường ống có thể đặt sát vào đầu ống hoặc đặt cách đầu ống một khoảng, khi đặt sát thì đầu ống có đặt lỗ thông hơi để khi đóng cửa khỏi sinh chân không trong đường ống. Lưới chắn rác đặt phía trước cửa đóng mở và nghiêng với mặt phẳng nằm ngang một góc $70 \div 80^\circ$ để dễ vớt rác. Phía ngoài cửa đóng mở còn đặt khe bỏ phai để đóng khi cần sửa chữa phần đầu đường ống. Phía trên các thiết bị có đặt cầu công tác để đóng mở cửa và vớt rác, chiều rộng cầu khoảng $0,8 \div 1m$.

Chiều rộng mỗi ngăn của phân thu nước lấy bằng:

$$b_t = (1,5 \div 1,8)D_o$$

D_o - đường kính trong của ống dẫn.

Vận tốc dòng chảy vào phân thu nước v_t không vượt quá $0,8 \div 1m/s$ để khỏi tăng tổn thất cột nước và gây khó khăn cho việc vớt rác.

Vậy chiều sâu của phân thu nước phải lấy như sau:

$$h_t \geq \frac{Q_T}{b_t - v_t}$$

Q_T - lưu lượng thiết kế của một tuócbin.

Mặt khác chiều sâu của phân thu nước phải đủ để cho mép trên của miệng ống dẫn ngập dưới mặt nước thấp nhất của bể một đoạn bằng:

$$a \geq k \frac{v^2}{2g} \text{ và } a \geq 0,75m$$

Trong đó:

k - hệ số, khi thể tích của ống dẫn từ $250m^3$ trở xuống lấy $k = 2$, khi thể tích ống dẫn lớn hơn $250m^3$ lấy $k = 3$;

g - gia tốc trọng trường (m/s^2);

v - vận tốc dòng chảy trong ống dẫn (m/s) ở chỗ nối với bể, ứng với lưu lượng lớn nhất.

Do đó cao trình đáy phần thu nước sẽ bằng:

$$\nabla_d = \nabla_{\min} - a - \frac{D_o}{\cos \alpha}$$

$\nabla_{\min}$ - cao trình mặt nước thấp nhất ở phần thu nước;

α - góc nghiêng của trục ống dẫn với mặt nằm ngang. Mặt tường của bể phải cao hơn mực nước cao nhất trong bể khoảng $0,5 \div 0,8m$. Vậy cao trình đỉnh tường:

$$\nabla_t = \nabla_{\max} + (0,5 - 0,8)m$$

Chiều sâu tổng cộng ở phần thu nước:

$$H_t = \nabla_t - \nabla_d$$

Chiều rộng toàn bộ phần thu nước:

$$B_t = b_t n + d(n - 1)$$

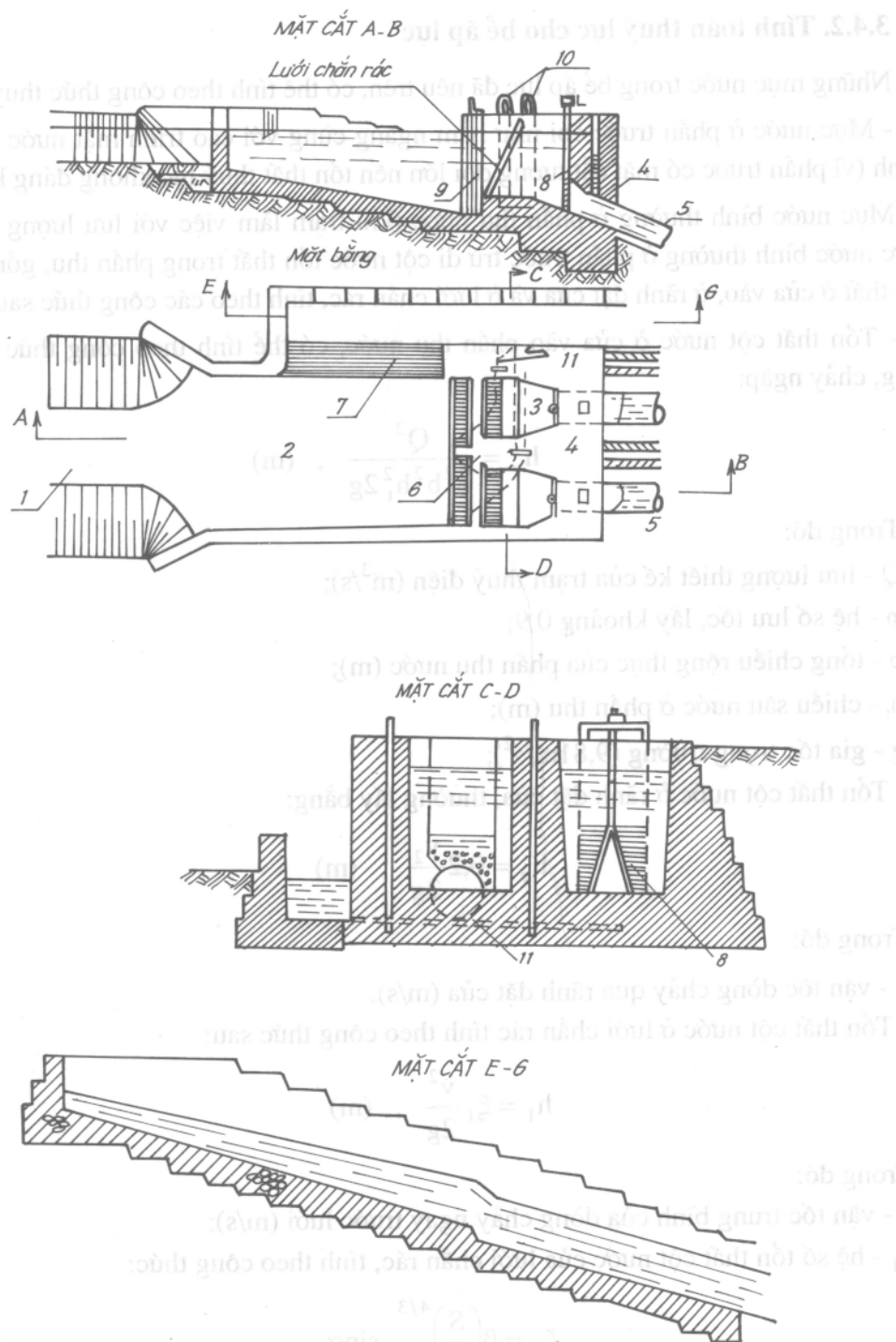
n - số ngăn của phần thu nước (bằng số ống dẫn của trạm thủy điện);

d - chiều dày tường chia ngăn, với đá xây lấy $0,8 \div 1m$, bê tông lấy $0,5 \div 0,6m$.

Chiều dài phần thu nước phải đủ chỗ để đặt những thiết bị nối trên và phân biến đổi từ mặt cắt chữ nhật của mỗi ngăn đến mặt cắt tròn của ống dẫn. Thông thường đối với trạm thủy điện nhỏ chiều dài phần thu nước lấy khoảng $3 \div 5m$.

Cao trình đáy phần trước ở ngay trước phần thu nước lấy thấp hơn đáy phần thu nước khoảng $0,5 \div 1m$ để giữ cho cát lắng đọng ở đáy khỏi vào ống dẫn. Đáy phần trước ở chỗ đó có làm đường hầm tháo cát có mặt cắt khoảng $0,4 \div 0,6m$ đến $0,6 \div 0,8m$ để xả cát, đầu đường hầm có đặt cửa van phẳng.

Chiều rộng của phần trước ở chỗ tiếp giáp với phần thu nước lấy bằng chiều rộng tổng cộng của phần thu nước B_t . Chiều dài phần trước càng dài càng có lợi về mặt thủy lực vì dòng chảy có thể mở rộng dần dần, do đó ở ngay trước phần thu nước dòng chảy ổn định hơn, thể tích nước của bể tương đối lớn nên khi tăng phụ tải đột ngột mặt nước không bị hạ thấp bao nhiêu, hơn nữa phần trước có chiều dài lớn thì tác dụng lắng cát càng lớn, dòng chảy vào tuabin sẽ sạch hơn. Nhưng càng tăng chiều dài phần trước thì khối lượng xây dựng bể càng lớn, do đó giá thành tăng lên. Vì vậy để giảm giá thành xây dựng cũng có trường hợp làm chiều dài phần trước rất ngắn, thậm chí có trường hợp bỏ hẳn phần trước mà chỉ làm đoạn nối tiếp kênh dẫn với phần thu nước.



Hình 3.14: Bể áp lực của trạm thủy điện đặt 2 ống dẫn

1. Kênh dẫn; 2. Phần trước; 3. Phần thu nước; 4. Tường áp lực;
5. Ống dẫn; 6. Tường chia ngăn; 7. Đoạn ngưỡng tràn;
8. Cửa đóng mở đầu đường ống; 9. Khe bỏ phai; 10. Cửa tháo cát; 11. Hàm tháo cát.

3.4.2. Tính toán thủy lực cho bể áp lực

Những mực nước trong bể áp lực đã nêu trên, có thể tính theo công thức thủy lực như sau:

- Mực nước ở phần trước coi như nằm ngang cùng với cao trình mặt nước ở mặt cắt cuối kênh (vì phần trước có mặt cắt tương đối lớn nên tổn thất thủy lực không đáng kể).

Mực nước bình thường ở phần thu nước (khi trạm làm việc với lưu lượng thiết kế) bằng mực nước bình thường ở phần trước trừ đi cột nước tổn thất trong phần thu, gồm có: cột nước tổn thất ở cửa vào, ở rãnh đặt cửa và ở lưới chắn rác, tính theo các công thức sau:

- Tổn thất cột nước ở cửa vào phần thu nước, có thể tính theo công thức đập tràn đỉnh rộng, chảy ngập:

$$h_v = \frac{Q^2}{\varphi^2 b^2 h_t^2 2g}, \quad (\text{m})$$

Trong đó:

Q - lưu lượng thiết kế của trạm thủy điện (m^3/s);

φ - hệ số lưu tốc, lấy khoảng 0,9;

b - tổng chiều rộng thực của phần thu nước (m);

h_t - chiều sâu nước ở phần thu (m);

g - gia tốc trọng trường ($9,81\text{m/s}^2$);

- Tổn thất cột nước ở rãnh đặt cửa, thường lấy bằng:

$$h_c = 0,2 \frac{v_2^2}{2g}, \quad (\text{m})$$

Trong đó:

v - vận tốc dòng chảy qua rãnh đặt cửa (m/s).

- Tổn thất cột nước ở lưới chắn rác tính theo công thức sau:

$$h_1 = \xi_1 \frac{v^2}{2g}, \quad (\text{m})$$

Trong đó:

v - vận tốc trung bình của dòng chảy ngay trước lưới (m/s);

ξ_1 - hệ số tổn thất cột nước của lưới chắn rác, tính theo công thức:

$$\xi_1 = \beta \left(\frac{S}{b} \right)^{4/3} \cdot \sin \alpha$$

Trong đó:

S - chiều dày của thanh sắt làm lưới (nếu lưới làm bằng những thanh tròn thì S là đường kính của mỗi thanh sắt) (mm);

b - khoảng cách thực giữa các thanh sắt làm lưới (mm);

α - góc nghiêng đặt lưới so với mặt phẳng nằm ngang;

β - hệ số phụ thuộc hình dạng của các thanh làm lưới. Với thanh có mặt cắt hình chữ nhật $\beta = 2,42$, hình tròn $\beta = 1,79$.

Do đó mực nước bình thường ở phần thu nước sẽ bằng:

$$\nabla = \nabla_{tr} - (h_v + h_c + h_l)$$

Trong đó:

∇_{tr} - mực nước bình thường ở phần trước.

Mực nước thấp nhất trong phần thu nước tính với trường hợp tăng phụ tải đột ngột, lúc này mực nước trong phần thu sẽ bị hạ thấp một trị số h_s và có thể tính gần đúng theo công thức:

$$h_s = \frac{\Delta Q}{cB_l}$$

Trong đó:

ΔQ - trị số lưu lượng biến đổi khi thay đổi phụ tải của trạm (m^3/s).

B_l - chiều rộng mặt cắt của dòng chảy ở trước đường ống ứng với nửa chiều cao h_s . Nếu mặt cắt dòng chảy là hình thang có độ dốc mái bằng m thì:

$$B_l = B - mh_s$$

B - chiều rộng mặt nước khi bắt đầu thay đổi phụ tải;

c - vận tốc truyền sóng, tính bằng công thức:

$$c = \sqrt{g \frac{\omega}{B_l}} - v$$

ω - diện tích mặt cắt dòng chảy trước ống, ứng với lưu lượng ban đầu của trạm (khi bắt đầu thay đổi phụ tải (m^2);

v - vận tốc dòng chảy ở mặt cắt trước ống khi bắt đầu thay đổi phụ tải (m/s).

Như vậy, mực nước thấp nhất trong phần thu nước sẽ bằng:

$$\nabla_{min} = \nabla - h_s$$

Mực nước cao nhất của bể áp lực ∇_{max} tính với trường hợp toàn bộ lưu lượng của trạm tháo ngưỡng tràn, do đó:

$$\nabla_{max} = \nabla_{th} + h_{th}$$

Trong đó:

∇_{th} - cao trình đỉnh ngưỡng tràn nước;

h_{th} - chiều cao lớp nước tràn trên đỉnh ngưỡng khi tháo lưu lượng lớn nhất.

Ngoài việc tính toán thủy lực, khi thiết kế bể áp lực còn phải tiến hành tính toán thấm, tính toán ổn định tường của bể và tính toán kết cấu các bộ phận của bể.

3.4.3. Các thiết bị đặt ở bể áp lực

Các thiết bị chủ yếu đặt trong bể áp lực gồm có cửa van, lưới chắn rác và máy đóng mở.

1. Cửa van

Ở trạm thủy điện nhỏ, đầu đường ống thường đặt cửa van phẳng bằng gỗ, đóng mở bằng tay. Cửa gỗ làm bằng từng tấm ghép lại, các khe tiếp giáp làm thành mòng hoặc dùng các tấm gỗ cứng hay sắt mỏng chèn chặt cho khỏi rò rỉ nước.

2. Thiết bị đóng mở

Ở trạm nhỏ thường dùng kiểu tời quay hoặc kiểu vít vô tận.

- Tời quay gồm một trục quấn hai dây xích hoặc dây cáp để kéo cánh cửa lên. Trục này có thể làm bằng gỗ, phía đầu trục đặt các tay cầm hoặc vô lăng để quay trục. Để cho trục khỏi bị cánh cửa kéo quay trở lại, thường còn làm chốt hãm gắn ở giá đỡ trục để giữ cho trục không quay ngược chiều.

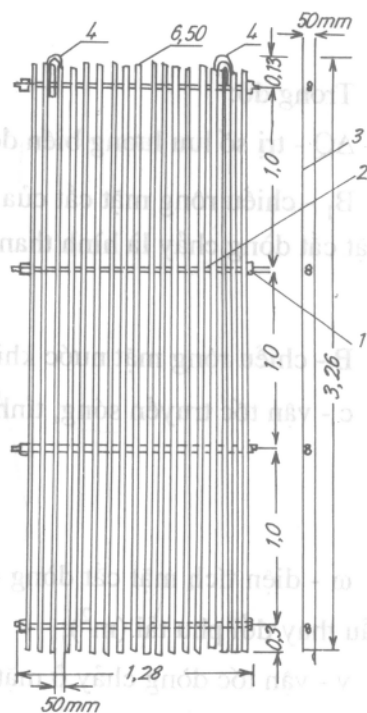
Nếu cửa đóng mở không đủ trọng lượng để tự chìm xuống thì phải làm thêm cán để ấn cánh cửa xuống khi đóng.

- Máy đóng mở kiểu vít vô tận gồm một cán đặt ở giữa cánh cửa, cán này là một trục thép tròn có tiện răng vít, ăn khớp với một ê cu lớn. Trên đầu ê cu có lắp bàn quay gắn chặt với cần quay. Khi quay, cần ê cu sẽ quay và kéo cánh cửa lên hoặc hạ xuống.

3. Lưới chắn rác

Lưới chắn rác làm bằng các thanh thép, tốt nhất là có mặt cắt hình chữ nhật, chiều dày mỗi thanh khoảng $5 \div 15\text{mm}$, rộng $50 \div 75\text{mm}$. Trường hợp thật cần thiết có thể dùng các thanh bằng gỗ thay cho thanh thép.

Khoảng cách thực giữa các thanh phụ thuộc vào loại và kích thước tuốcbin, lấy như sau: Với tuốcbin tâm trục lấy bằng $1/30$ đường kính tuốcbin và không được nhỏ hơn 3cm . Với tuốcbin chong chóng và cánh quay lấy bằng $1/20$ đường kính tuốcbin và không nhỏ hơn 5cm . Để giữ các thanh này phải đặt một số thanh nằm ngang cách nhau khoảng $0,5 \div 1\text{m}$.



Hình 3.15: Lưới chắn rác

1. Êcu của thanh nằm ngang;
2. Thanh nằm ngang; 3. Thanh dọc;
4. Móc để nâng lưới

Ở trạm nhỏ có thể làm một khung gỗ trong đó đặt các thanh dọc của lưới. Phía trên lưới có làm móc để nâng lên hạ xuống. Nếu lưới chắn rác có kích thước lớn phải phân làm mấy tấm, trọng lượng mỗi tấm vừa đủ để có thể nâng lên hạ xuống dễ dàng. Đầu phía dưới của lưới tựa lên một thanh sắt góc gần ở đáy, đầu phía trên tựa vào tường ngực hoặc dầm đỡ (hình 3.15).

3.5. ĐƯỜNG ỐNG DẪN NƯỚC VÀO TUỒCBIN

3.5.1. Tác dụng cấu tạo và các hình thức bố trí

Ở trạm thủy điện kiểu đường dẫn, để đưa nước từ bể áp lực đến tuốcbin phải đặt đường ống (với trạm thủy điện kiểu đập, nhà máy đặt sau đập không tràn hoặc trong bờ, có nhiều trường hợp cũng phải dùng ống dẫn đưa nước từ thượng lưu vào nhà máy).

Đường ống có thể làm bằng kim loại, bê tông cốt thép hoặc chất dẻo. Ống bằng kim loại có khả năng chịu áp lực nước rất lớn nên thường dùng trong trường hợp cột nước cao. Ống bê tông cốt thép thường dùng trong trường hợp cột nước không lớn lắm (dưới $30 \div 50\text{m}$) và đường kính ống lớn. Ở trạm thủy điện nhỏ (công suất 100kW , cột nước dưới 80m) có thể dùng đường ống bằng chất dẻo P.V.C hoặc polyetylen. Song vì kém chịu va đập và chịu ánh nắng mặt trời (chóng lão hoá) nên phải lắp một lớp đất bảo vệ hoặc bao ngoài bằng một lớp vải dày và nhựa đường.

Trường hợp trạm đặt hai, ba tuốcbin có thể dùng một ống chung có chia nhánh vào các tuốcbin hoặc mỗi tuốcbin đặt một đường ống. Đặt một đường ống chung cho nhiều tuốcbin có nhược điểm là khi ống hư hỏng thì tất cả các tổ máy đều phải ngừng làm việc, nhưng giá thành xây dựng lại rẻ hơn vì khối lượng thi công và vật liệu cho một ống lớn thường rẻ hơn làm nhiều ống nhỏ.

Hướng của đường ống đi vào nhà máy có thể vuông góc với nhà máy (tức là vuông góc với đường nối tâm các tổ máy), song song hoặc xiên góc với nhà máy. Cách bố trí vuông góc kết cấu đơn giản vì giảm được một chỗ ống uốn cong nên bớt được trụ neo ống ở vị trí này, tổn thất thủy lực nhỏ hơn, dễ bố trí mặt bằng công trình nhưng nó có nhược điểm lớn hơn là khi ống bị vỡ, nước theo sườn dốc chảy xuống có thể gây hư hỏng nhà máy. Do đó ở trạm có cột nước cao, để tránh nhược điểm trên, thường phải bố trí kiểu đặt ống song song hoặc xiên với nhà máy.

Ống dẫn phải đặt trên đất cứng để tránh trượt do lở đất. Nếu là lớp đất mầu đã bị phong hoá thì phải đào xuống thành một rãnh đặt ống, độ dốc lòng rãnh nên đều để cho tuyến ống thẳng. Hai bên rãnh đào sâu xuống một ít làm thành khe thoát nước. Nếu là nền đất thì trên mặt rãnh thường phải xây hoặc lát đá bảo vệ.

Ống dẫn không đặt sát xuống đất mà đặt trên những trụ đỡ (còn gọi là gối trung gian) (hình 3.16) để cho ống khỏi bị hư hỏng và không bị lún đi. Ở chỗ ống uốn cong phải làm trụ

néo (còn gọi là trụ bao hay gối bao) để giữ cho ống cố định, trụ neo chịu tất cả các lực tác dụng theo phương dọc trục ống nên phải làm đủ nặng để chống trượt. Có khi còn làm những neo thép quấn lấy ống và giữ chặt vào trụ neo.

Đường kính ống không nên lấy nhỏ quá, tuy giá thành xây dựng rẻ nhưng vận tốc dòng chảy trong ống sẽ lớn, tổn thất cột nước tăng, do đó làm tăng tổn thất điện năng. Với trạm nhỏ có thể chọn đường kính trong của ống dẫn lợi nhất theo công thức đơn giản sau:

$$D_o = \sqrt[7]{\frac{5,2 \cdot Q_{\max}^3}{H}} \quad (m) \quad (3-11)$$

Trong đó:

$Q_{\max}$ - lưu lượng thiết kế của ống
(m^3/s);

H - cột nước tĩnh của trạm thủy điện (m);

Để tiện tính toán, có thể dùng biểu đồ hình 3.17 để tra trị số D_o , cách tra đi từ trị số H ở cột bên trái kẻ đường thẳng nối với trị số Q ở cột bên phải, từ giao điểm của đường kẻ này với cột giữa sẽ tìm được trị số D_o .

3.5.2. Tính toán thủy lực cho đường ống

Tính toán thủy lực cho đường ống bao gồm việc tính tổn thất thủy lực khi tuốcbin làm việc trong trạng thái ổn định và tính áp lực nước tăng lên hay giảm đi đột ngột khi xảy ra hiện tượng nước va.

1. Tính tổn thất thủy lực

Tổn thất thủy lực trong ống dẫn gồm tổn thất do ma sát của dòng chảy với thành ống và tổn thất cục bộ ở miệng ống hoặc chỗ ống biến đổi đột ngột.



Hình 3.17: Biểu đồ xác định đường kính ống dẫn lợi nhất

a. Tổn thất thủy lực do ma sát dọc theo ống tính theo công thức sau:

- Đối với ống bằng kim loại:

$$h_d = am \frac{v^{1.9}}{D_o^{1.1}} L, \quad (m)$$

Trong đó:

D_o - đường kính trong của ống dẫn (m);

L - chiều dài đường ống (m);

v - vận tốc dòng chảy trong ống (m/s);

a - hệ số phụ thuộc vào cách nối các mép của tấm làm ống lấy theo bảng 3.4;

m - hệ số xét đến thời hạn sử dụng ống (thời gian làm việc của ống càng lâu thì độ nhám thành ống càng tăng và tổn thất cột nước càng tăng) và tính chất của nước.

Thông thường tổn thất cột nước trong ống kim loại tính đối với năm thứ nhất và năm thứ mười lăm kể từ khi bắt đầu sử dụng. Đối với năm sử dụng đầu tiên: nước trong sạch $m = 1,01$, nước có tính ăn mòn thành ống $m = 1,02$. Đối với năm thứ mười lăm: nước trong sạch $m = 1,16$, nước có tính ăn mòn thành ống $m = 1,25$.

Bảng 3.4. Hệ số a trong công thức tính tổn thất

Tính chất cấu tạo ống	Hệ số a
1. Chiều dày thành ống $6 \div 11$ mm, mép nối bằng đinh tán, hai mép nối chồng lên nhau	0,00114
2. Chiều dày thành ống $6 \div 11$ mm, mép nối bằng đinh tán có tấm đệm	0,00124
3. Chiều dày thành ống lớn hơn 12mm, mép nối bằng đinh tán có tấm đệm	0,00134
4. Mép nối dọc hàn, mép nối ngang dùng đinh tán	0,00088
5. Ống hàn hoặc ống đúc liền	0,00083

- Đối với ống bê tông cốt thép:

$$h_d = a \frac{v^2}{D_o^{1.25}} L, \quad (m)$$

Trong đó:

v , D_o và L - như giải thích ở trên;

a - hệ số xét tới tính chất của thành ống, lấy theo bảng 3.5.

Bảng 3.5. Hệ số a trong công thức tính tổn thất

Tính chất thành ống	Hệ số a
1. Ống thi công không tốt lắm, ống do những ống ngắn nối lại mà chỗ nối không được bằng phẳng	0,00153
2. Ống thi công tương đối tốt, mặt trong ống dùng vữa xi măng trát nhẵn, ống do những đoạn ngắn nối lại nhưng chỗ nối xử lý tốt, ống dùng ván khuôn gỗ bào nhẵn đổ thành ống liền tại chỗ.	0,00114
3. Ống thi công tốt, ống bằng những đoạn nối lại, ống có đường kính lớn hơn 0,6m. Ống có kích thước trung bình dùng ván khuôn bằng kim loại đổ tại chỗ, mặt trong quét hắc ín hoặc dùng vữa xi măng trát thật nhẵn	0,000917

b. Tổn thất thuỷ lực cục bộ

Có thể dùng công thức chung:

$$h_c = \xi \frac{v^2}{2g}, \quad (\text{m})$$

v - vận tốc dòng chảy trong ống dẫn tại chỗ tính tổn thất (m/s);

g - gia tốc trọng trường bằng $9,81 \text{ m/s}^2$;

ξ - hệ số tổn thất cục bộ, thường gặp mấy loại sau:

- Tổn thất ở miệng vào ống: tùy theo hình dạng miệng vào, lấy như sau:

Miệng ống vuông góc (hình 3.18a) $\xi = 0,5$.

Miệng ống có vát cạnh hoặc sửa tròn (hình 3.18b) $\xi = 0,25$.

Miệng ống hình loa, nước chảy rất thuận (hình 3.18c) $\xi = 0,1$, khi tính toán tổn thất, trị số v lấy bằng lưu tốc bình quân theo chiều dài đoạn biến đổi.



Hình 3.18: Hình dạng miệng vào của ống dẫn
a) Vuông góc; b) Vát cạnh hoặc sửa tròn; c) Hình miệng loa

- Tổn thất ở chỗ ống uốn cong:

Trường hợp chỗ uốn gần như gãy khúc (hình 3.19a), lấy theo bảng 3.6.

Bảng 3.6. Hệ số tổn thất khi chỗ uốn gần như gãy khúc

Góc độ uốn α	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Hệ số tổn thất ξ	0,20	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90	1,10

Trường hợp ống uốn cong (hình 3.19b) tính theo công thức:

$$\xi = \left[0,131 + 0,163 \left(\frac{D_o}{R} \right)^{3,5} \right] \frac{\alpha}{90^\circ} = \xi' \frac{\alpha}{90^\circ}$$

Trong đó:

ξ' - hệ số tổn thất khi $\alpha = 90^\circ$, tính theo công thức trên hay cũng có thể tra bảng 3.7.

Bảng 3.7. Hệ số tổn thất chỗ ống uốn cong khi góc $\alpha = 90^\circ$

$\frac{D_o}{2R}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ'	0,13	0,14	0,16	0,21	0,29	0,44	0,66	0,98	1,41	1,98

Trong đó:

D_o - đường kính trong của ống dẫn;

R - bán kính cong chỗ ống uốn vòng.

- Tổn thất chỗ ống phân nhánh (có hai trường hợp):

+ Tổn thất ở chỗ ống phân nhánh hình chữ Y (hình 3.20a), hệ số ξ tính theo công thức:

$$\xi_{3-1} = \tau \left[1 - 2 \frac{v_1}{v_3} \cos \varphi_1 + \left(\frac{v_1}{v_3} \right)^2 \right];$$

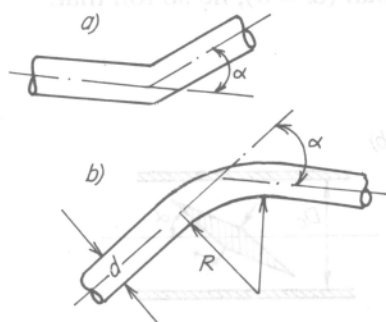
$$\xi_{3-2} = \tau \left[1 - 2 \frac{v_2}{v_3} \cos \varphi_2 + \left(\frac{v_2}{v_3} \right)^2 \right];$$

Trong đó: τ - hệ số, thường nhỏ hơn 1, nhưng khi không có tài liệu thí nghiệm có thể lấy gần đúng bằng 1.

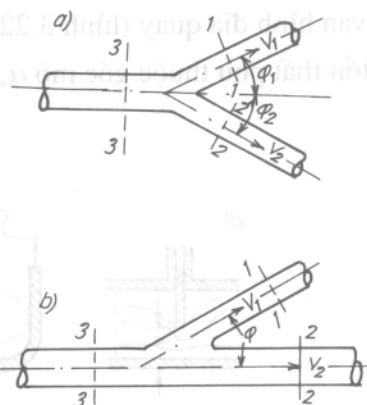
+ Tổn thất ở chỗ ống phân nhánh một bên (hình 3.20b), hệ số tổn thất tính theo công thức:

$$\xi_{3-1} = \tau \left[1 - 2 \frac{v_1}{v_3} \cos \varphi + \left(\frac{v_1}{v_3} \right)^2 \right];$$

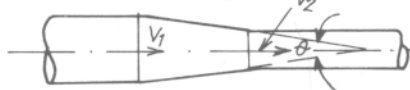
$$\xi_{3-2} = \tau \left[1 - \frac{v_2}{v_3} \right]^2$$



Hình 3.19: Hình dạng chỗ ống uốn cong
a) Uốn gần như gãy khúc; b) Uốn cong.



Hình 3.20: Hình dạng chỗ ống phân nhánh
a) Phân nhánh hình chữ Y; b) Phân nhánh một bên



Hình 3.21: Hình dạng ống thu hẹp dần

- Tổn thất ở chỗ ống thu hẹp dần: Khi góc thu hẹp $\theta \leq 5^\circ$, tổn thất cột nước rất nhỏ, hệ số tổn thất có thể lấy $\xi = 0,06 - 0,005$, tùy theo góc θ lớn hay nhỏ. Khi góc θ tương đối lớn, hệ số tổn thất ξ lấy theo bảng 3.8.

Bảng 3.8. Hệ số tổn thất chỗ ống thu hẹp dần

θ_0	15	20	25	30	45	60	75
ξ	0,18	0,20	0,22	0,24	0,30	0,32	0,34

Khi tính tổn thất lấy hệ số ξ theo bảng 3.8 phải lấy trị số v trong công thức bằng vận tốc ở chỗ ống sau khi đã thu hẹp v_2 .

- Tổn thất ở cửa van:

+ Cửa van đóng mở kéo lên, xuống (hình 3.22a). Hệ số tổn thất phụ thuộc vào tỉ số mở cửa van $\frac{d-h}{d}$ (hoặc tỉ số diện tích mở van $\frac{\omega_0}{\omega}$) lấy theo bảng 3.9.

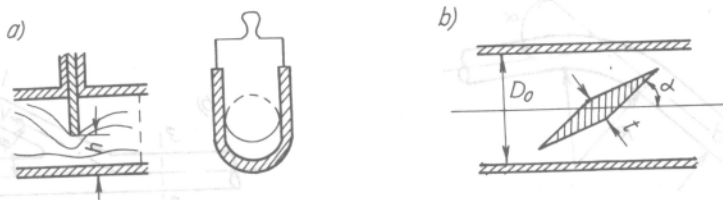
Bảng 3.9. Hệ số tổn thất ở cửa van đóng mở kéo lên xuống

$\frac{d-h}{d}$	0	1,8	2,8	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8
$\frac{\omega_0}{\omega}$	1,000	0,948	0,856	0,478	0,609	0,466	0,315	0,159
ξ	0,00	0,07	0,26	0,81	2,06	5,52	17,00	97,80

+ Cửa van hình đĩa quay (hình 3.22b).

Hệ số tổn thất phụ thuộc góc mở α , khi mở hoàn toàn ($\alpha = 0$), hệ số tổn thất:

$$\xi = \frac{t}{D_0}$$



Hình 3.22: Hình thức cửa van

a) Cửa van đóng mở trượt lên xuống; b) Cửa van hình đĩa quay

t - độ dày lớn nhất của cửa van, tùy theo cửa van chọn cho ống dẫn, nói chung cột nước càng cao cửa van phải càng dày, khi không có tài liệu của nhà máy chế tạo có thể chọn tỉ số

$\frac{t}{D_0}$ theo bảng 3.10.

Bảng 3.10. Tỉ số $\frac{t}{D_0}$ của van đĩa quay

Cột nước (m)	25	50	100	150	200	250
$\frac{t}{D_0}$	0,1	0,13	0,18	0,22	0,26	0,29

Khi các góc độ mở α khác nhau, hệ số tổn thất lấy theo bảng 3.11.

Bảng 3.11. Hệ số tổn thất ở cửa van đĩa quay

α	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°
ξ	0,24	0,52	0,90	1,54	2,51	3,91	6,22	10,8	18,7	32,6	58,8	118	256	751

Toàn bộ tổn thất cột nước qua ống dẫn bằng tổn thất do ma sát h_d cộng với tất cả các tổn thất cục bộ h_c ở những chỗ biến đổi đột ngột của ống.

3.5.3. Tính trị số nước va trong đường ống

Nguyên nhân của hiện tượng nước va là do vận tốc dòng chảy trong ống biến đổi nhanh, phát sinh lực quán tính của nước. Như đã biết trong cơ học, lực quán tính có chiều ngược với chiều của gia tốc. Khi đóng tuabin, vận tốc trong ống giảm tức là từ chuyển động đều chuyển sang chuyển động chậm dần, lực quán tính sẽ cùng chiều với vận tốc trong ống, gây ra

sự tăng áp trong ống. Khi mở tuôcbin, lực quán tính ngược với chiều chuyển động của dòng chảy, gây giảm áp trong ống. Sự tăng áp suất khi đóng tuôcbin đột ngột gọi là hiện tượng nước va dương. Khi mở tuôcbin đột ngột (tăng phụ tải) quá trình thay đổi áp lực sẽ xảy ra ngược lại với trường hợp trên và dẫn đến giảm áp. Trường hợp này ta gọi là nước va âm.

Trị số nước va (dương hoặc âm) trong trường hợp đóng, mở tuôcbin tức thời và có kể đến sự đàn hồi của nước va và thành ống tính theo công thức Jukôvski:

$$\Delta H = \frac{a(v_d - v_c)}{g} \quad (3-12)$$

Trong đó:

a - vận tốc truyền sóng nước va (m/s);

v_d - vận tốc dòng chảy trong ống lúc bắt đầu đóng van (m/s);

v_c - vận tốc dòng chảy trong ống sau khi đóng van (m/s);

g - gia tốc trọng trường (m/s²).

1. *Nước va trực tiếp*: ở trên ta mới xét hiện tượng nước va trong trường hợp đóng (mở) tuôcbin đột ngột (đóng mở tức thời). Trong thực tế việc đóng (mở) tuôcbin phải kéo dài một thời gian T_s nào đó. Tùy theo thời gian T_s dài hay ngắn mà trong ống có thể sinh ra nước va trực tiếp hay gián tiếp.

Nước va trực tiếp là hiện tượng nước va xảy ra khi thời gian đóng mở tuôcbin T_s nhỏ hơn

1 pha nước va, tức là khi $T_s < \frac{2L}{a}$ (s).

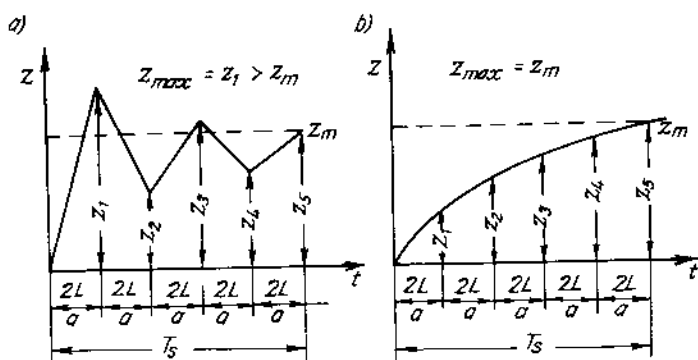
L - chiều dài đường ống (m); a - vận tốc truyền sóng (m/s).

Trong trường hợp này trị số nước va cực đại cũng giống như trị số nước va trong trường hợp tuôcbin đóng mở tức thời đã xét ở trên và cũng xác định trị số nước va theo công thức Jukôvski (3-12).

2. *Nước va gián tiếp*: áp lực tăng lên trong ống khi nước va trực tiếp có thể rất lớn, cho nên khi thiết kế trạm thủy điện phải tránh hiện tượng này, nghĩa là phải thỏa mãn điều kiện:

$$T > \frac{2L}{a}$$

trường hợp này gọi là nước va gián tiếp.



Hình 3.23: Biểu đồ thay đổi áp lực nước va ở tiết diện cuối ống khi nước va gián tiếp.

a) Nước va pha đầu; b) Nước va giới hạn

Khác với trường hợp nước va trực tiếp, trong trường hợp này vì thời gian đóng mở kéo dài nên từ cuối pha thứ nhất trở đi (tức là từ thời điểm $t = \frac{2L}{a}$ trở đi) sóng phản xạ liên tiếp và đến cuối đường ống làm triệt tiêu một phần trị số áp suất tăng lên (hay giảm đi) ở cuối đường ống. Do đó trị số nước va gián tiếp nhỏ hơn trị số nước va trực tiếp.

Qua việc phân tích các kết quả thí nghiệm thấy rằng biểu đồ nước va gián tiếp thường có 2 dạng sau đây:

- Trị số nước va lớn nhất phát sinh ở cuối pha thứ nhất, sau đó giảm dần ở các pha sau. Trường hợp này gọi là nước va pha đầu (hình 3.23a).

- Trị số nước va tăng dần và tại cuối thời gian đóng mở sẽ đạt đến trị số lớn nhất (hình 3.23b). Trường hợp này gọi là nước va pha cuối hoặc nước va giới hạn.

3. *Tính toán trị số nước va gián tiếp*: trong đường ống phát sinh hiện tượng nước va khi thay đổi nhanh độ mở của bộ phận hướng nước của tuốcbin tức là khi giảm hoặc tăng phụ tải. Điều khiển độ mở này có thể dùng máy tự động, khi đó thời gian đóng mở hoàn toàn T_s trong khoảng $1,5 \div 5$ giây, ở những trạm nhỏ có thể điều khiển bằng tay và T_s có thể đến $50 \div 60$ giây.

Khi tính toán áp lực nước va thường không lấy theo trị số tuyệt đối mà lấy theo tỉ số sau:

$$Z = \frac{\Delta H^+}{H_0} ;$$

$$y = \frac{\Delta H^-}{H_0}$$

Trong đó:

ΔH^+ và ΔH^- - trị số áp lực tăng lên hoặc giảm xuống khi có hiện tượng nước va;

H_0 - cột nước tĩnh trong đường ống, bằng hiệu số giữa cao trình mặt nước trong bể áp lực và trục tuốcbin;

Z - tỉ số áp lực tăng lên khi đóng tuốcbin (nước va dương);

y - tỉ số áp lực giảm xuống khi mở tuốcbin (nước va âm).

Trong công thức tính toán còn nói đến trị số biểu thị tỉ số độ mở bộ phận hướng nước của tuốcbin (hoặc vòi phun của tuốcbin xung kích):

$$\tau = \frac{F}{F_{\max}}$$

Trong đó: τ - tỉ số độ mở của tuốcbin;

$F_{\max}$ - diện tích nước chảy vào, trường hợp bộ phận hướng nước của tuốcbin mở hoàn toàn;

F - diện tích nước chảy vào, khi bộ phận hướng nước của tuốcbin mở một phần.

Khi tuốcbin làm việc với lưu lượng lớn nhất thì $F = F_{\max}$, tức là $\tau = 1$. Thông thường dùng τ_d biểu thị độ mở của tuốcbin trước khi phát sinh nước va và T_c biểu thị độ mở cuối cùng của tuốcbin sau khi phát sinh nước va.

Ngoài ra áp lực nước va gián tiếp còn phụ thuộc vào hai đặc tính của ống dẫn sau đây:

$$\varphi = \frac{av_o}{2gH_o} ; \quad \sigma = \frac{Lv_o}{gT_s H_o}$$

Trong đó:

a - vận tốc truyền sóng nước va trong đường ống (m/s);

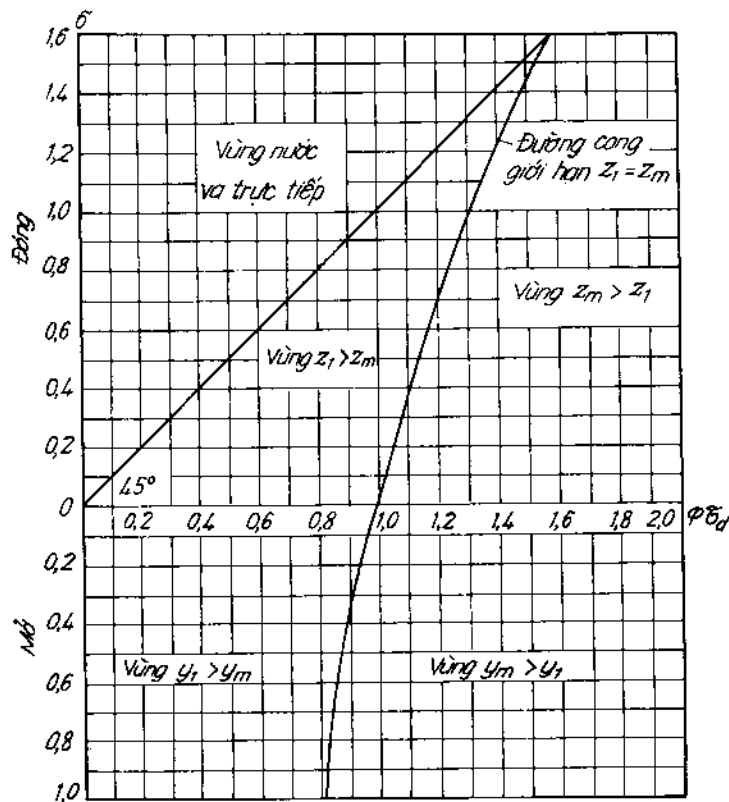
v_o - vận tốc dòng chảy trong đường ống, ứng với lưu lượng tuốcbin lớn nhất (m/s);

H_o - cột nước tĩnh của đường ống (m);

T_s - thời gian đóng, mở hoàn toàn của tuốcbin (s);

L - chiều dài đường ống (m);

g - gia tốc trọng trường (m/s^2).



Hình 3.24: Biểu đồ xác định tình trạng nước va

Trị số nước và pha đầu và nước và giới hạn có công thức tính khác nhau, do đó trước khi tính toán phải xác định xem nước và pha đầu hay nước và giới hạn. Để xác định điều kiện này có thể dùng biểu đồ hình 3.24, hoặc khi tính gần đúng có thể dùng giới hạn sau:

Khi $\varphi\tau_d < 1$ - nước và pha đầu;

$\varphi\tau_d > 1$ - nước và giới hạn.

Cũng có thể cứ tính theo cả 2 công thức (nước và pha đầu và nước và giới hạn) rồi so sánh kết quả và chọn trị số lớn nhất.

Công thức tính áp lực nước và

Tình trạng nước và		Áp lực thay đổi	Công thức tính toán	Công thức gần đúng	Điều kiện ứng dụng
Nước và trực tiếp			$Z = 2\varphi\tau$ hoặc $\Delta H - \frac{a\bar{\omega}_0}{\gamma}$		Khi đóng tuôcbin hoàn toàn $\tau_c = 0$
		Áp lực tăng khi đóng tuôcbin	$\tau_c \sqrt{1+Z} = \tau_d - \frac{Z}{2\varphi}$		Khi đóng hoặc mở một phần tuôcbin
		Áp lực giảm khi mở tuôcbin	$\tau_c \sqrt{1-y} = \tau_d + \frac{y}{2\varphi}$		
Nước và gián tiếp	Nước và pha đầu	Áp lực tăng khi đóng tuôcbin	$\tau_1 \sqrt{1+Z_1} = \tau_d - \frac{Z_1}{2\varphi}$	$Z_1 = \frac{2\sigma}{1+\varphi\tau_d - \sigma}$	Khi nằm trong miền $Z_1 > Z_m$ hoặc $y_1 > y_m$ trong biểu đồ 7.11
		Áp lực giảm khi mở tuôcbin	$\tau_1 \sqrt{1-y_1} = \tau_d + \frac{y_1}{2\varphi}$	$y_1 = \frac{2\sigma}{1+\varphi\tau_d + \sigma}$	
	Nước và giới hạn	Áp lực tăng khi đóng tuôcbin	$Z_m = \frac{\sigma}{2} \left[\sigma + \sqrt{\sigma^2 + 4} \right]$	$Z_m = \frac{2\sigma}{2 - \sigma}$	Khi nằm trong miền $Z_m > Z_1$ hoặc $y_m > y_1$ trong biểu đồ 7.11
		Áp lực giảm khi mở tuôcbin	$y_m = \frac{\sigma}{2} \left[\sigma - \sqrt{\sigma^2 + 4} \right]$	$y_m = \frac{2\sigma}{2 + \sigma}$	

Ghi chú:

1) τ_1 - Tỷ số độ mở của tuôcbin ở cuối pha thứ nhất.

2) Công thức gần đúng trong bảng chỉ áp dụng khi σ không vượt quá 0,5 thì kết quả tính toán mới đủ chính xác.

Tính toán trị số nước và âm để xác định độ chân không phát sinh trong đường ống. Thông thường trạm thủy điện không mở máy theo cách đang từ không làm việc đột nhiên tăng đến công suất lớn nhất, cho nên không cần tính nước và âm trong trường hợp này.

Nước và âm thường tính với trường hợp mở thêm tuôcbin cuối cùng, do phụ tải tăng rất nhanh. Khi một đường ống dùng cho hai tuôcbin thường tính với một máy đang chạy hết công

suất, còn máy kia đang chạy không tải đột ngột tăng lên đến công suất lớn nhất. Độ mở để tuốcbin quay không tải nói chung khoảng $\tau_k = 0,15 \div 0,30$.

Ngoài ra trong trường hợp đóng tuốcbin, khi $\varphi\tau_c < 1$ thì sau khi đóng tuốcbin, áp lực nước va dao động có chu kỳ, ở pha tiếp ngay pha sau cùng (pha $m + 1$) sẽ phát sinh giảm áp, trị số giảm áp này bằng Z_m và ngược dấu (thực ra do có ma sát cho nên dao động giảm dần, do đó trị số tuyệt đối của Z_{m+1} nhỏ hơn Z_m một ít). Trị số giảm áp này có trường hợp lớn hơn khi mở tuốcbin, do đó khi thiết kế phải tính đến.

Trị số tuyệt đối của áp lực nước va lớn nhất tại mặt cắt cuối ống sẽ tính được như sau:

Nước va dương: $\Delta H^+ = ZH_0$

Nước va âm: $\Delta H^- = yH_0$

Ở các tiết diện khác của đường ống có thể tính gần đúng áp lực nước va phân bố theo quy luật đường thẳng: ở cuối ống bằng ΔH và ở chỗ cửa nước vào thì bằng 0, như vậy ở mặt cắt cách cửa vào của ống một đoạn l là:

$$\Delta h = \frac{l}{L} \Delta H$$

L - chiều dài ống (m).

3. Tốc độ truyền sóng nước va trong ống

Tốc độ truyền sóng nước va phụ thuộc vật liệu làm ống, đường kính và độ dày thành ống. Với những vật liệu làm ống thường gặp, có công thức tính vận tốc truyền sóng như sau:

a. Ống kim loại:

$$a = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{\xi}{E} \frac{D_o}{t}}}, \quad (\text{m/s})$$

Trong đó: 1425 - tốc độ truyền sóng của âm thanh trong nước (m/s);

D_o - đường kính trong của ống dẫn (mm);

t - chiều dày thành ống (mm);

ξ - môđun đàn hồi của nước lấy bằng $20,60 \cdot 10^4 \text{ N/cm}^2$.

E - môđun đàn hồi của thành ống, đối với thép $E = 20,60 \cdot 10^6 \text{ N/cm}^2$, đối với gang $E = 9,81 \cdot 10^6 \text{ N/cm}^2$, đối với ống bê tông có quan hệ với số hiệu bê tông, nhưng khi tính toán có thể lấy $E = 19,62 \cdot 10^5 \text{ N/cm}^2$.

b. Ống bê tông cốt thép:

$$a = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{\xi}{E_b} \frac{D_o}{t(1 + 9,5\alpha)}}}, \quad (\text{m/s})$$

Trong đó:

E_b - môđun đàn hồi của bê tông;

D_o - đường kính trong của ống dẫn (cm);

t - độ dày thành ống (cm);

α - hàm lượng cốt thép vòng, bằng $\frac{f}{t}$;

f - diện tích mặt cắt cốt thép vòng trong mỗi mét dài của thành ống, thông thường

$$\alpha = 0,015 - 0,05$$

Để tiện tính toán có thể tính đổi ra ống thép, với chiều dày tương đương bằng:

$$t' = \frac{t}{20} + \frac{f_a}{l'}$$

Trong đó:

t' - chiều dày tính đổi ra ống thép (cm);

t - độ dày thành ống bê tông cốt thép (cm);

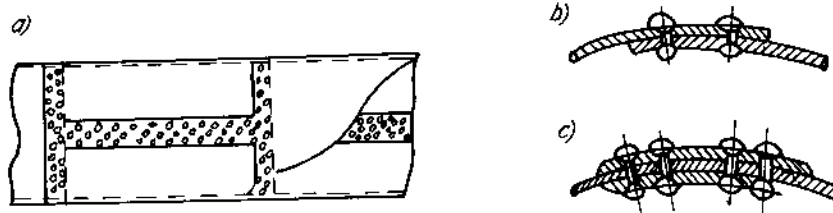
f_a - diện tích mặt cắt ngang của cốt thép vòng (cm^2);

l - khoảng cách của cốt thép vòng (cm).

3.6. KẾT CẤU VÀ TÍNH ống DẪN BẰNG KIM LOẠI

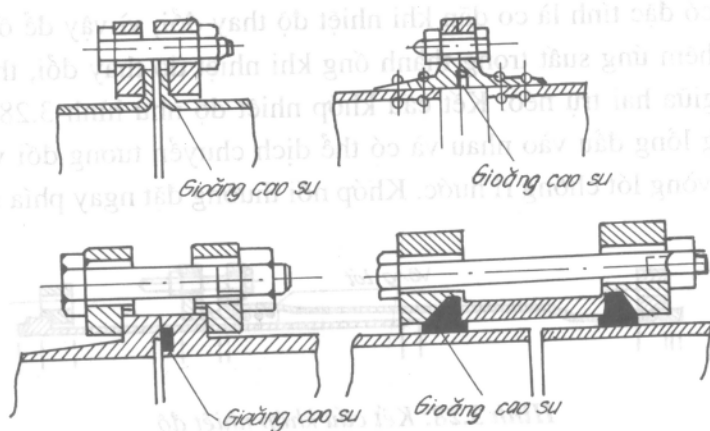
3.6.1. Cấu tạo chung

Ống dẫn kim loại có thể bằng gang đúc (loại này thường có đường kính không quá 600mm), hoặc làm bằng những tấm thép cuộn lại, chỗ mép nối bằng đinh tán hoặc hàn, ống làm thành từng đoạn 6-8m, nối các đoạn với nhau cũng bằng đinh tán, hàn hoặc làm thành mặt bích bắt bulông.



Hình 3.25: Mép nối đinh tán

a) Bố trí các mép nối; b) Nối chống mép; c) Nối có tấm đệm



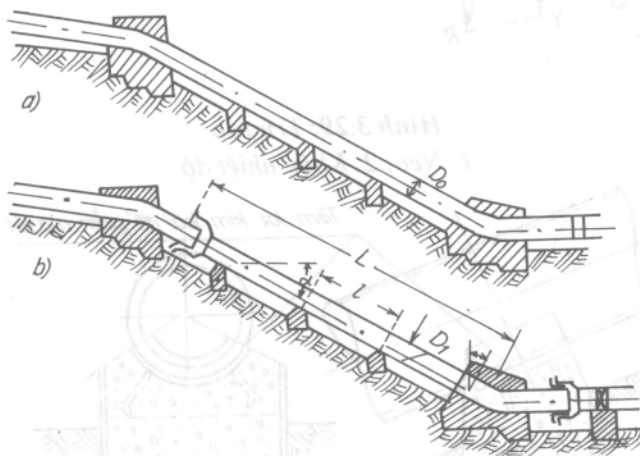
Hình 3.26: Nối các đoạn ống bằng mặt bích

Mép nối bằng đinh tán, khi chiều dày thành ống nhỏ hơn 12mm, có thể nối chồng mép lên nhau (hình 3.25b). Khi chiều dày thành ống lớn hơn 12mm, mép nối dọc phải có tấm đệm hai mặt (hình 3.25c) đinh tán không được ít hơn hai hàng. Mép nối ngang cũng phải hai tấm đệm, nhưng khi thành ống không dày lắm có thể dùng một hàng đinh tán. Nếu thành ống mỏng hơn hoặc bằng 12mm thì mép nối ngang có thể dùng một tấm đệm.

Nếu các đoạn ống nối với nhau bằng mặt bích, bắt đinh bulông thì mặt tiếp giáp giữa hai mặt bích phải đặt gioăng cao su (hình 3.26).

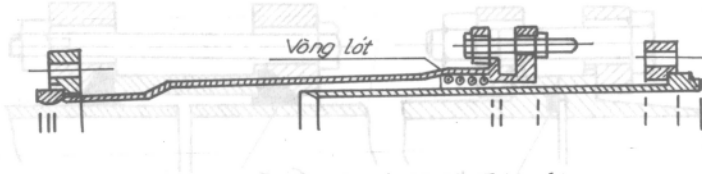
Mép nối hàn, mặt ống tương đối nhẵn do đó tổn thất cột nước nhỏ, cường độ mối nối cao hơn đinh tán, nên tận dụng được vật liệu.

Ống dẫn đặt trên sườn dốc nên phải giữ ống cố định bằng những trụ néo, trụ này đặt ở chỗ ống uốn cong. Khi ống dẫn thẳng nhưng dài cũng cần đặt trụ néo ở giữa chiều dài ống. Trụ néo bằng bê tông hoặc đá xây và phải có trọng lượng lớn đủ giữ cho ống ổn định (hình 3.27). Giữa các trụ néo có các trụ đỡ để giảm độ võng của ống, khoảng cách giữa các trụ đỡ $6 \div 8\text{m}$. Có trường hợp cần giữa cho ống liên kết chặt với trụ néo phải làm thêm những neo bằng thép chôn vào trụ.



Hình 3.27: Bố trí trụ néo, trụ đỡ và khớp nhiệt độ của đường ống dẫn
a) Không có khớp nhiệt độ; b) Có khớp nhiệt độ.

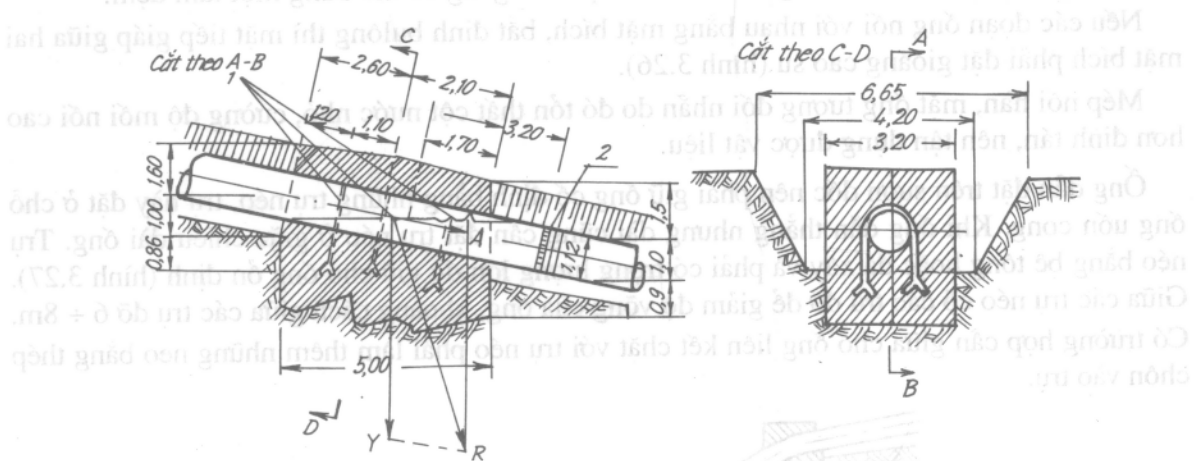
Ống kim loại có đặc tính là co giãn khi nhiệt độ thay đổi, vì vậy để ống có thể tự do co giãn không tăng thêm ứng suất trong thành ống khi nhiệt độ thay đổi, thường phải đặt các khớp nhiệt độ ở giữa hai trụ neo. Kết cấu khớp nhiệt độ như hình 3.28, thông thường nó gồm hai đoạn ống lồng đầu vào nhau và có thể dịch chuyển tương đối với nhau, phía đầu ống bao ngoài có vòng lót chống rỉ nước. Khớp nối thường đặt ngay phía sau mỗi trụ neo.



Hình 3.28: Kết cấu khớp nhiệt độ

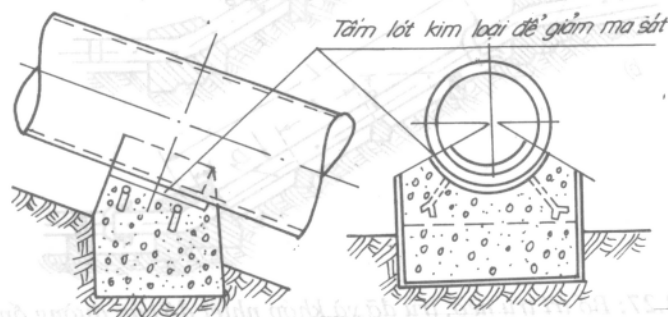
Để cho ống có thể dễ co giãn ở mặt tiếp giáp giữa ống với trụ đỡ có đặt tấm kim loại hoặc giấy tẩm nhựa đường (hình 3.30).

Nếu ống không đặt khớp nhiệt độ tính toán thành ống và trụ neo phải tính đến ứng suất và lực tác dụng khi nhiệt độ thay đổi.



Hình 3.29: Trụ neo

1. Neo; 2. Khớp nhiệt độ



Hình 3.30: Trụ đỡ

3.6.2. Tính các lực tác dụng lên đường ống

Các lực tác dụng lên ống dẫn gồm có:

1. Áp lực nước trong ống

Tác dụng lên thành ống theo hướng của bán kính ống, sinh ra ứng suất hướng vòng trong thành ống. Trị số ứng suất này bằng:

$$\sigma_v = \frac{PD_o}{2t} = \frac{\gamma H D_o}{2t} \quad ; \quad (\text{N/m}^2)$$

Trong đó:

$P = \gamma H$ - áp lực nước trong ống (N);

γ - trọng lượng riêng của nước lấy bằng 9810 N/m^3 ;

H - cột nước tác dụng tại mặt cắt tính toán (m);

D_o - đường kính trong của ống dẫn (m);

t - chiều dày thành ống (m).

Ở đoạn ống thẳng áp lực nước bên trong không sinh ra lực hướng theo trục ống, nó chỉ phát sinh lực hướng trục ở chỗ ống uốn cong, chỗ đường kính ống thay đổi và chỗ đặt cửa van trong ống.

Chỗ ống uốn cong áp lực nước bên trong sinh ra lực R là hợp lực của hai lực hướng trục (hình 3.31) A'_1 , A''_1 tính như sau:

$$A'_1 = \gamma H_1 \frac{\pi D_1^2}{4} \quad , \quad (\text{N}) ; \quad A''_1 = \gamma H_2 \frac{\pi D_2^2}{4} \quad , \quad (\text{N}) \quad (3-13)$$

Trong đó:

γ - trọng lượng riêng của nước, lấy bằng 9810 N/m^3 hoặc lấy gần đúng bằng 10 kN/m^3 ;

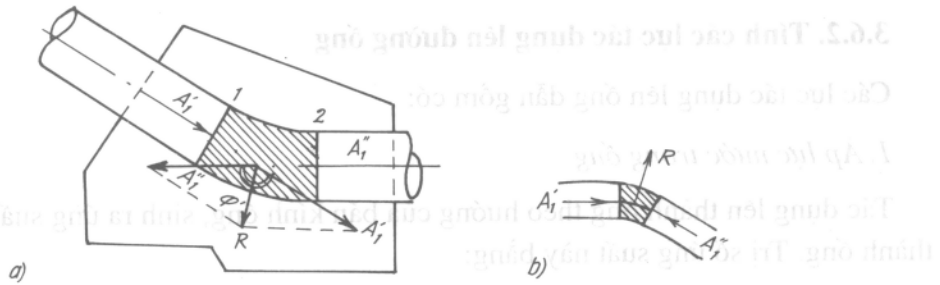
H_1 và H_2 - cột nước tác dụng ở mặt cắt trước và sau chỗ uốn cong (m);

D_1 và D_2 - đường kính trong của ống dẫn ở mặt cắt trước và sau chỗ uốn cong (m), nếu đường kính ống không thay đổi thì $D_1 = D_2 = D_o$.

Nếu chỗ ống uốn cong chôn trong trụ néo thì lực R hoàn toàn do trụ néo chịu, trong thành ống không phát sinh ứng suất. Trị số lực R tính theo quy tắc hình bình hành (hình 3.31).

Ở chỗ đường kính trong của ống thay đổi từ D_1 giảm xuống D_2 , do áp lực trong ống sinh ra lực hướng trục bằng:

$$A_2 = \gamma H_1 \frac{\pi D_1^2}{4} - \gamma H_2 \frac{\pi D_2^2}{4} \quad , \quad (\text{N})$$



Hình 3.31: Lực tác dụng do áp lực nước trong ống ở chỗ ống uốn cong

Chỗ cửa van, chỉ khi đóng cửa mới sinh ra lực hướng trục, khi cửa van đóng hoàn toàn lực này bằng:

$$A_3 = \gamma H \frac{\pi D_o^2}{4}, \text{ (N)}$$

Lực A_3 thông qua thành ống truyền lên trụ neo ở ngay phía trên cửa van. Ứng suất của lực này gây nên trong thành ống là:

$$\sigma = \frac{A_3}{\pi D t}, \text{ (N/cm}^2\text{)}$$

Trong đó:

D - đường kính trung bình của thành ống (cm);

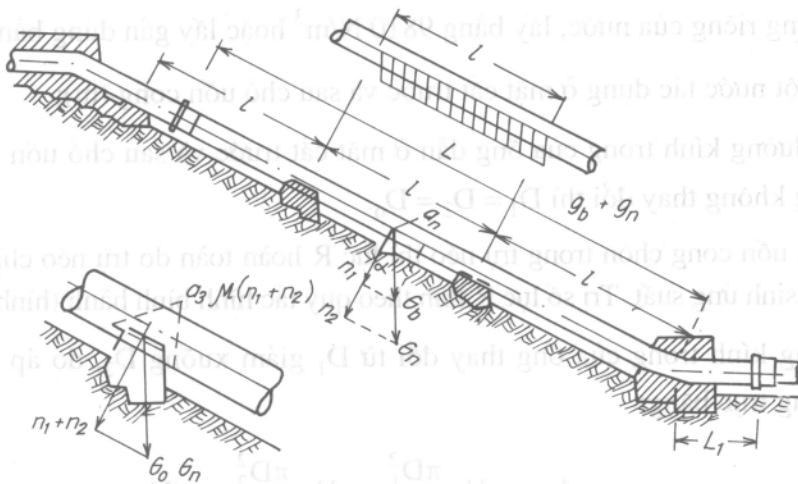
t - chiều dày ống (cm).

Nếu giữa cửa van và trụ neo có khớp nhiệt độ thì lực A_3 không truyền lên trụ neo đó.

2. Trọng lượng bản thân của ống

Trọng lượng bản thân của ống có hướng thẳng đứng từ trên xuống và phân bố đều trên chiều dài ống (hình 3.32). Trọng lượng bản thân của ống trên mỗi mét dài là:

$$g_o = \pi D t \gamma_o, \text{ (N/m)}$$



Hình 3.32: Sơ đồ tính toán lực tác dụng của ống dẫn

Trong đó: γ_0 - trọng lượng riêng của vật liệu làm ống, với ống thép $\gamma_0 = 77000 \text{ N/m}^3$.

Trọng lượng ống giữa hai trụ đỡ là:

$$G_0 = g_0 l, \text{ (N)}$$

Trong đó: l - khoảng cách giữa hai trụ đỡ.

Lực G_0 có thể chia làm hai phần, là lực n_1 vuông góc với trục ống và lực a_4 theo hướng trục. Nếu góc nghiêng của ống với mặt phẳng nằm ngang là α thì:

$$n_1 = G_0 \cos \alpha, \text{ (N)}$$

$$a_4 = G_0 \sin \alpha, \text{ (N)}$$

Lực n_1 gây uốn võng ống và thông qua ống truyền lên trụ đỡ, lực a_4 hướng xuống dưới theo trục ống truyền lên trụ néo và gây ứng suất nén (hoặc kéo) trong thành ống.

Thành phần theo hướng trục của trọng lượng bản thân đoạn ống truyền lên trụ néo là:

$$A'_4 = g_0 L \sin \alpha, \text{ (N)}; A''_4 = g_0 L_1 \sin \alpha_1, \text{ (N)}$$

Trong đó:

L - khoảng cách từ trung tâm trụ néo đến khớp nhiệt độ phía trên trụ néo (m);

L_1 - khoảng cách từ trung tâm trụ néo đến khớp nhiệt độ phía dưới trụ néo (m);

α - góc nghiêng của đoạn ống phía trên trụ néo;

α_1 - góc nghiêng của đoạn ống phía dưới trụ néo.

3. Trọng lượng nước trong ống

Cũng có hướng tác dụng thẳng đứng từ trên xuống và phân đều theo chiều dài ống. Trọng lượng nước trên mỗi mét dài của ống.

$$g_n = \frac{\pi}{4} D_o^2 \gamma, \text{ (N/m)}$$

Trong đó:

γ - trọng lượng riêng của nước 9810 N/m^3 ;

Trọng lượng nước giữa hai trụ đỡ:

$$G_n = g_n l, \text{ (N)}$$

Thành phần vuông góc với trục ống là:

$$n_2 = G_n \cos \alpha, \text{ (N)}$$

Cũng như lực n_1 , lực n_2 gây uốn võng ống và qua ống truyền lên trụ đỡ.

4. Lực ma sát của đường ống với trụ đỡ

Khi ống có đặt khớp nhiệt độ, nhiệt độ thay đổi, ống có thể co giãn, vì vậy phát sinh lực ma sát giữa ống và mặt tiếp xúc của trụ đỡ.

Đoạn ống từ trụ neo đến khớp nhiệt độ ở phía trên gối, khi nhiệt độ tăng sẽ giãn dài ra theo hướng lên trên và lực ma sát sẽ hướng xuống phía dưới, gây nên ứng suất nén trong thành ống. Khi nhiệt độ giảm, ống co ngắn lại, lực ma sát sẽ hướng lên và gây ứng suất kéo trong thành ống. Thông thường khớp nhiệt độ đặt ngay dưới mỗi trụ neo nên đoạn ống phía dưới trụ neo không gây lực ma sát.

Lực ma sát truyền lên trụ neo sẽ bằng:

$$A_s = \mu (N_1 + N_2) , (N)$$

Trong đó:

$N_1 = g_o L \cos \alpha$ (N), $N_2 = g_n L \cos \alpha$ (N) - phân lực vuông góc với trục ống của trọng lượng bản thân ống và trọng lượng nước;

L - chiều dài đoạn ống từ trung tâm trụ neo đến khớp nhiệt độ phía trên trụ.

μ - Hệ số ma sát tùy theo kết cấu trụ đỡ và vật liệu làm trụ. Ở trạm nhỏ thường trụ trung gian làm theo hình yên ngựa (hình 3.30) hệ số ma sát lấy như sau:

- Ống thép trượt trên mặt bê tông $\mu = 0,6 \div 0,75$.
- Ống thép, mặt tiếp xúc của gối có đặt tấm kim loại $\mu = 0,5$.
- Ống thép, mặt tiếp xúc của gối có tấm kim loại bôi trơn $\mu = 0,3$.

Lực ma sát truyền lên một trụ đỡ tính theo:

$$a_s = \mu (n_1 + n_2) , (N)$$

5. Lực ma sát giữa nước chảy với thành ống

Lực này theo hướng trục và cùng chiều với dòng chảy. Lực ma sát của đoạn ống L phía trên trụ neo A'_6 gây ứng suất nén trong thành ống, còn lực A''_6 ở đoạn ống L_1 phía dưới trụ neo sẽ gây ứng suất kéo trong thành ống, đều truyền lên trụ neo. Trị số của nó tính theo:

$$A'_6 = \gamma \Delta h' \frac{\pi D_o^2}{4} , (N); \quad A''_6 = \gamma \Delta h'' \frac{\pi D_o^2}{4} , (N)$$

Trong đó:

γ - trọng lượng riêng của nước 9810 N/m³;

$\Delta h'$ - tổn thất cột nước trong đoạn ống dài L ở phía trên trụ neo (m);

$\Delta h''$ - tổn thất cột nước trong đoạn ống dài L_1 phía dưới trụ neo (m);

D_o - đường kính trong của ống (m).

6. Lực ma sát ở khớp nhiệt độ

Nếu khớp nhiệt độ kiểu trượt (hình 3.28) thì khi ống co giãn do nhiệt độ thay đổi cũng phát sinh lực ma sát giữa thành ống và vòng lót. Khi nhiệt độ tăng ở khớp nối phía trên trụ

néo phát sinh lực ma sát A'_7 gây ứng suất nén trong thành ống, khi nhiệt độ giảm lực này gây ứng suất kéo trong thành ống. Ở khớp nhiệt độ phía dưới trụ néo lực ma sát bằng A''_7 .

$$A'_7 = \gamma H_1 \pi D'_1 b' \mu, \text{ (N); } A''_7 = \gamma H_2 \pi D''_1 b'' \mu, \text{ (N)}$$

Trong đó:

H_1 và H_2 - cột nước tác dụng ở chỗ khớp nối (m);

b' và b'' - chiều dày của vòng lót chống rỉ nước ở khớp nhiệt độ, thường vào khoảng $0,10 D_1$ (m).

D'_1 và D''_1 - đường kính ngoài của đường ống ở chỗ khớp nhiệt độ (m);

μ - hệ số ma sát phụ thuộc tính chất của vòng lót. Khi vòng lót bằng dây day tẩm dầu hoặc cao su lấy $\mu = 0,3$.

7. Lực li tâm ở chỗ uốn cong

Trong khi làm việc ở chỗ ống uốn cong phát sinh lực li tâm, nó có hướng như hợp lực R của áp lực nước trong đoạn ống cong (hình 3.31) và tính bằng:

$$R' = \frac{2\gamma v^2}{g} \cdot \frac{\pi D_o^2}{4} \sin \frac{\Phi}{2}, \text{ (N)}$$

Để tiện tính toán phân làm hai thành phần theo hướng trục của đoạn ống phía trên và phía dưới chỗ uốn cong:

$$A'_8 = A''_8 = \gamma \frac{v^2}{g} \cdot \pi \frac{D_o^2}{4}, \text{ (N)}$$

Trong đó:

γ - trọng lượng riêng của nước, lấy $= 9810 \text{ N/m}^3$;

v - vận tốc dòng chảy trong ống (m/s).

Chỗ uốn cong đều có đặt trụ néo, cho nên lực li tâm tác dụng trực tiếp lên trụ néo.

8. Lực nhiệt độ

Trường hợp ống dẫn không có khớp nhiệt độ giữa hai trụ néo thì khi nhiệt độ thay đổi, ống không thể tự do co giãn được, do đó phát sinh lực hướng trục. Khi nhiệt độ tăng lên $\Delta t^\circ\text{C}$ trong thành ống sẽ phát sinh ứng suất:

$$\sigma_t = E\alpha \Delta t, \text{ (N/cm}^2\text{)},$$

Trong đó:

α - hệ số nở dài của vật liệu làm ống;

E - môđun đàn hồi của thành ống.

Với thép $\alpha = 12.10^{-6}$, $E = 20.60.10^6 \text{ N/cm}^2$. Khi đó:

$$\sigma_t = 247,2 \Delta t \text{ (N/cm}^2\text{)}$$

Lực hướng trục do nhiệt độ thay đổi:

$$A_t = \sigma_t \pi D_t \text{ (N)}$$

Nhiệt độ tăng (hoặc giảm) $\Delta t^\circ\text{C}$ là so với nhiệt độ khi lắp đoạn ống cuối cùng. Ví dụ lúc lắp xong ống, nhiệt độ là 15°C thì khi tính toán với nhiệt độ ở ống 30°C , nhiệt độ tăng là $\Delta_t = 15^\circ\text{C}$, còn tính toán với khi nhiệt độ ở ống là 10°C thì $\Delta_t = -5^\circ\text{C}$.

Khi ống đầy nước, nhiệt độ của ống gần bằng nhiệt độ của nước, sự thay đổi nhiệt độ trong năm và trong ngày tương đối nhỏ. Khi ống không có nước nhiệt độ của ống có thể thay đổi khá nhiều.

Nếu không có khớp nhiệt độ thì khi lắp đoạn ống cuối cùng, nghĩa là lúc ống bắt đầu cố định không co giãn được nữa, nên lắp vào lúc nhiệt độ ngoài trời gần bằng với nhiệt độ trung bình trong năm của nước ở vùng đó.

Các lực tác dụng nói trên có thể không phát sinh cùng một lúc, mà tùy theo từng trường hợp có thể có tổ hợp lực khác nhau. Ví dụ: khi ống đựng đầy nước mà cửa van ở cuối ống ngay phía trước tuabin đóng hoàn toàn, trường hợp này sẽ không có các lực A'_6 , A''_6 , A'_8 và A''_8 . Khi nước chảy trong ống, cửa van mở hoàn toàn sẽ không có lực A_3 . Còn các lực A_5 , A'_7 và A''_7 chỉ xuất hiện khi nhiệt độ thay đổi.

3.6.3. Tính toán đường ống

Khi thiết kế đường ống phải tính với tổ hợp lực bất lợi nhất. Đối với thành ống có khớp nhiệt độ thường tổ hợp bất lợi nhất là khi các lực A'_4 , A'_6 , n_1 , n_2 , A_5 , A'_7 và áp lực nước trong ống đồng thời tác dụng, trong đó hướng của A_5 và A'_7 hướng xuống theo chiều dòng chảy. Áp lực nước có hướng vuông góc với thành ống và khi tính toán phải lấy bằng cột nước tĩnh cộng thêm áp lực tăng lên khi có nước va, nếu áp lực nước va nhỏ hơn 15% cột nước tĩnh thì lấy bằng 15%.

Dưới tác dụng của các lực nói trên trong thành ống phát sinh những ứng suất sau:

1. Ứng suất kéo, theo hướng vòng của thành ống σ_v do áp lực nước trong ống sinh ra. Tính theo công thức:

$$\sigma_v = \frac{\gamma H D_o}{2t}$$

2. Ứng suất nén theo hướng trục do tổng các lực hướng trục (ΣA) sinh ra:

$$\sigma_{tr} = \frac{\sum A}{\pi D_o t}, \quad (\text{N/cm}^2)$$

Trong đó:

$\sum A$ - tổng các lực hướng trục của tổ hợp tính toán (N);

D_o - đường kính trong của ống dẫn (cm);

t - chiều dày thành ống (cm).

3. Ứng suất uốn theo hướng trục do lực n_1 và n_2 sinh ra. Khi ống đặt tự do trên các trụ đỡ, một đầu đoạn ống giữ cố định trong trụ treo, còn đầu kia có khớp nhiệt độ nên coi như đầu tự do, khi này ống được coi như dầm liên tục (hình 3.33), khoảng cách giữa các trụ đỡ thường lấy bằng nhau kí hiệu là l (m), còn khớp nhiệt độ thường đặt gần trụ đỡ để tránh cho khớp khỏi nghiêng đi rồi bị hư hỏng.

Tải trọng phân bố đều trên mỗi nhịp ống:

$$q = g_o \cos \alpha + g_n \cos \alpha = (g_o + g_n) \cos \alpha, \quad (\text{N/m})$$

Tổng tải trọng trên mỗi nhịp l là:

$$n = (g_o + g_n) \cos \alpha l = n_1 + n_2, \quad (\text{N})$$

Nếu chiều dài của nhịp công son ở phía có khớp nhiệt độ là $l_o = \alpha l$ thì mômen uốn ở trụ đỡ 1 là:

$$M_1 = \frac{\alpha^2 n l}{2}, \quad (\text{N})$$

Như đã nói trên, khớp nhiệt độ thường đặt gần trụ đỡ 1, nên trị số α nói chung nhỏ (thường không vượt quá $0,1 \div 0,2$). Do đó có thể bỏ qua ảnh hưởng của mômen ở công son đối với mômen ở trụ đỡ tiếp sau đó, lúc này mômen ở trụ đỡ 2 có thể tính gần đúng theo công thức:

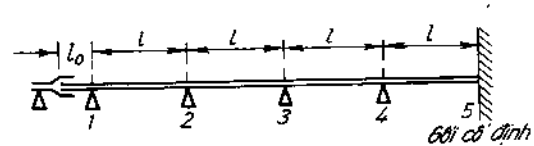
$$M_2 = \frac{n l}{10}, \quad (\text{Nm})$$

Mômen ở các trụ đỡ sau (trụ 3, 4) và ở đầu cố định chỗ trụ néo, đều bằng:

$$M_n = \frac{n l}{12}, \quad (\text{Nm})$$

Khi ống rất ngắn, giữa khớp nhiệt độ và trụ néo chỉ có một trụ đỡ, thì mômen ở đầu cố định, chỗ trụ néo sẽ là:

$$M = \frac{n l}{8}, \quad (\text{Nm})$$



Hình 3.33: Sơ đồ tính toán mômen uốn của đường ống

Mặt cắt ống có hình vành khăn nên mômen quán tính bằng:

$$j = \frac{\pi}{8} t D^3$$

Môđun chống uốn bằng: $W = \frac{2j}{D} = \frac{\pi}{4} t D^2$

Vậy ứng suất uốn bằng: $\sigma_u = \frac{M}{W} \pm \frac{4M}{\pi t D^2}$, (N/cm²)

Trong đó:

M - mômen uốn (N.cm);

t - chiều dày thành ống (cm);

D - đường kính ống (cm).

Trị số ứng suất này ứng với hai điểm ở hai đầu đường kính thẳng đứng của mặt cắt ống.

Ứng suất σ_{tr} và σ_u cùng có hướng dọc trục nên nó có thể cộng đại số. Tổng ứng suất trong thành ống theo hướng dọc trục sẽ là tổng đại số của các ứng suất dọc trục cộng với ảnh hưởng của ứng suất hướng vòng, vì ứng suất hướng vòng vuông góc với hướng trục nên có thể dùng hệ số Poatxông: $m = 0,3$, như vậy:

Tổng ứng suất dọc trục:

$$\sigma_1 = \sigma_{tr} + \sigma_u + m\sigma_v$$

Tổng ứng suất hướng vòng:

$$\sigma_2 = \sigma_v + m(\sigma_{tr} + \sigma_u)$$

Nếu $[\sigma]$ là ứng suất cho phép của vật liệu làm thành ống, thì phải thoả mãn điều kiện:

$$\sigma_1 \leq [\sigma]$$

$$\sigma_2 \leq [\sigma]$$

Tuỳ theo loại thép làm thành ống mà ứng suất cho phép có các trị số khác nhau với thép CT₃, lấy $[\sigma] = 12753 \text{ N/cm}^2$.

Khi áp dụng những công thức trên phải chú ý dấu của nó. Nếu thành ống chịu kéo ứng suất mang dấu âm, thành ống chịu nén ứng suất mang dấu dương.

Trường hợp giữa hai trụ nẹp không đặt khớp nhiệt độ thì phải tính đến ứng suất nhiệt σ_t khi nhiệt độ chênh lệch với nhiệt độ lúc lắp ống.

Khi tính toán sơ bộ, chiều dày thành ống có thể chỉ tính với ứng suất hướng vòng do áp lực nước trong ống sinh ra σ_v . Nhưng trị số ứng suất cho phép lúc này phải lấy giảm đi 25%. Như vậy chiều dày thành ống sẽ tính:

Đối với ống nối bằng hàn:

$$t = \frac{0,981HD_o}{2[\sigma']\varphi_h}, \quad (\text{cm}) \quad (3-15)$$

Đối với ống nối bằng đinh tán:

$$t = \frac{0,981HD_o}{2[\sigma']\varphi_t}, \quad (\text{cm})$$

Trong đó:

H - cột nước tính toán, bằng cột nước tĩnh cộng với áp lực nước va (m);

D_o - đường kính trong của ống (cm);

$[\sigma']$ - ứng suất cho phép khi chỉ tính áp lực nước, lấy bằng $[\sigma'] = 0,75[\sigma]$ (N/cm²).

φ_h và φ_t - hệ số cường độ nối, nối bằng hàn $\varphi_h = 0,9 - 1,0$, nối bằng đinh tán hai mép chồng lên nhau $\varphi_t = 0,68 - 0,72$, mép nối có hai tấm đệm $\varphi_t = 0,75 - 0,80$.

Độ dày tính ra ở trên phải cộng thêm 2mm để phòng hạn gỉ.

Ở phần tính ứng suất nối trên ta thấy ứng suất uốn ở hai đầu đường kính thẳng đứng là lớn nhất, cho nên không đặt mối nối hướng dọc ở đỉnh và đáy mặt cắt ống. Ở hai đầu đường kính nằm ngang vì có ứng suất cắt lớn nhất nên cũng không đặt mối nối dọc. Thường mối nối dọc đặt ở đầu đường kính làm với mặt cắt thẳng đứng qua tâm ống một góc 45°.

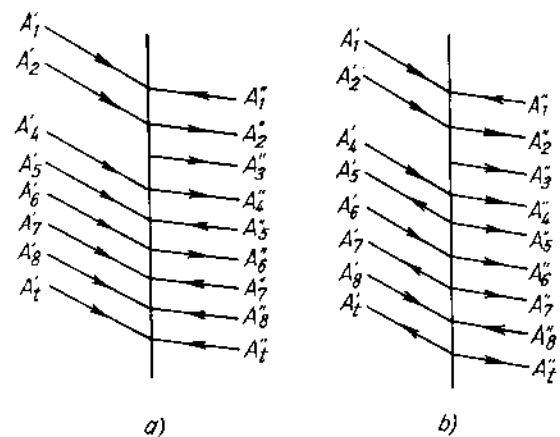
3.6.4. Tính ổn định trụ néo và trụ đỡ của đường ống

1. Trụ néo

Nếu trụ néo không chịu lực kéo chỉ có thể làm bằng đá xây hoặc bê tông mác thấp, nếu chịu lực kéo thì phải làm bằng bê tông cốt thép. Trụ néo ở chỗ ống uốn cong lồi lên có thể phải đặt neo thép giữ ống với phần dưới trụ hoặc đặt cốt thép ở phần chịu kéo hai bên ống.

Khi thiết kế trụ phải kiểm tra ổn định lật, trượt kiểm tra ứng suất của nền và các mặt cắt nguy hiểm trong trụ.

Các lực tác dụng theo hướng dọc trục lên trụ néo và tổ hợp lực bất lợi nhất như đã nói ở trên. Nếu đoạn ống nằm trong trụ néo chỉ uốn cong trong mặt phẳng



Hình 3.34: Sơ đồ xác định chiều của các lực hướng trục

a) Khi nhiệt độ tăng; b) Khi nhiệt độ giảm.

thẳng đứng thì khi tính toán chiếu các lực tác dụng lên hệ trục tọa độ X và Y nằm trong mặt phẳng thẳng đứng đi qua trục ống, trong đó trục X nằm ngang và chiều dương hướng theo chiều dòng chảy còn trục Y thẳng đứng có chiều dương hướng từ trên xuống. Các lực hướng trục tác dụng vào trụ néo ở đoạn ống phía trên A'_n làm với trục X một góc α' , còn lực hướng trục ở đoạn ống phía dưới A''_n làm với trục X một góc bằng α'' . Chiều của các lực tác dụng theo sơ đồ hình 3.34.

Hình chiếu của lực hướng trục bất kì trên trục X sẽ là: $X_n = A_n \cos \alpha$, trên trục Y sẽ là: $Y_n = A_n \sin \alpha$

Tổng cộng hình chiếu của các lực, bao gồm cả trọng lượng bản thân Q của trụ trên hai trục sẽ là:

$$\sum X_n \text{ và } \sum Y_n + Q$$

Như vậy công thức tính ổn định về trượt của trụ néo là:

$$k_t = \frac{(\sum Y_n + Q)f}{\sum X_n}$$

Trong đó:

k_t - hệ số ổn định chống trượt, thông thường không được nhỏ hơn 1,5;

f - hệ số ma sát giữa mặt đáy trụ néo với nền. Có thể tra theo bảng 3.12.

Từ đó tính ra trọng lượng cần thiết của trụ néo:

$$Q = \frac{k_t \sum X_n}{f} - \sum Y_n \quad (3-16)$$

Có trọng lượng sẽ tìm ra thể tích của trụ néo. Hình dạng của trụ phải sao cho toàn bộ phần ống uốn cong nằm trong trụ và hợp lực của các lực tác dụng không cách xa tâm của mặt đáy quá $1/6$ chiều rộng đáy B (theo chiều trục ống), nghĩa là tâm sai e phải nhỏ hơn $1/6B$, như vậy để khỏi phát sinh ứng suất kéo ở trụ néo.

Nếu mặt đáy là hình chữ nhật ứng suất dưới nền sẽ là:

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{\sum Y_n + Q}{F} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \quad (3-17)$$

Trong đó:

F - diện tích mặt đáy trụ néo;

Dấu (+) trong ngoặc ứng với ứng suất lớn nhất $\sigma_{\max}$, dấu (-) ứng với ứng suất nhỏ nhất $\sigma_{\min}$ dưới nền.

Khi ống cong lồi lên, hợp lực hướng trục sẽ hướng lên, vì vậy sẽ có trị số âm. Trường hợp này trọng lượng trụ néo sẽ có thể rất lớn mới đủ ổn định.

Bảng 3.12. Hệ số ma sát giữa trụ néo làm bằng bê tông hoặc đá xây với các loại nền khác nhau

Loại nền	Hệ số ma sát f	Loại nền	Hệ số ma sát f
Đá	0,75	Cát ướt	0,45
Đất sét khô cứng	0,65	Đất thịt khô	0,45
Đất sét hơi ướt	0,30	Đất thịt ướt	0,25
Đất sét ướt	0,20	Cát pha khô	0,50
Cát khô	0,55	Cát pha ướt	0,35

2. Trụ đỡ

Ở trạm nhỏ thường áp dụng kiểu trụ đỡ hình yên ngựa (3-30) làm bằng đá xây hoặc bê tông. Góc bao của trụ với ống từ 90° đến 120° , thường lấy 120° .

Ở trên đã nói thành phần lực tác dụng lên trụ đỡ vuông góc với trục ống gồm có phân lực của trọng lượng ống n_1 và phân lực của trọng lượng nước n_2 . Ngoài lực này ra còn có lực ma sát hướng trục a_5 và trọng lượng bản thân của trụ Q . Khi nhiệt độ tăng, a_5 có hướng ngược chiều dòng chảy trong ống, khi nhiệt độ giảm có hướng ngược lại.

Khi mặt đáy của trụ là mặt phẳng ngang, cũng lấy hệ trục tọa độ như đã tính toán trụ néo.

Tất cả các lực chiếu trên trục X là:

$$X = \pm a_5 \cos \alpha - (n_1 + n_2) \sin \alpha$$

Chiếu trên trục Y là:

$$Y = \pm a_5 \sin \alpha + (n_1 + n_2) \cos \alpha + Q$$

Hệ số ổn định chống trượt của gối đỡ:

$$k_t = \frac{f [\pm a_5 \sin \alpha + (n_1 + n_2) \cos \alpha + Q]}{\pm a_5 \cos \alpha - (n_1 + n_2) \sin \alpha} \quad (3-18)$$

Dấu dương tính với khi nhiệt độ giảm, dấu âm tính với khi nhiệt độ tăng. Khi tính lấy trường hợp bất lợi nhất.

Ví dụ:

Tính toán thủy lực và kết cấu ống dẫn làm bằng thép hàn, do một đường ống cung cấp nước cho hai tuốcbin

Lưu lượng thiết kế của trạm thủy điện: $Q_{\max} = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Lưu lượng thiết kế của mỗi tuốcbin: $Q_t = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cột nước tính của ống dẫn tính ở tại tuốcbin: $H'_o = 100 \text{ m}$.

Chiều dài ống $L = 238\text{m}$.

Chiều dày thành ống ở đoạn phía trên có chiều dài 139m là $t_1 = 6\text{mm}$.

Chiều dày thành ống ở đoạn phía dưới có chiều dài 99m là $t_2 = 8\text{mm}$.

Đường kính trong của ống $D_o = 800\text{mm}$.

Khi chảy qua ống với lưu lượng $Q_{\max}$, vận tốc dòng chảy trong ống $v_o = 2\text{m/s}$.

Thời gian điều chỉnh tuôcbin $T_s = 3\text{giây}$.

1. Tính tổn thất cột nước trong ống khi tháo với $Q_{\max}$:

a) Tổn thất dọc theo ống do ma sát (tính với năm làm việc thứ 15).

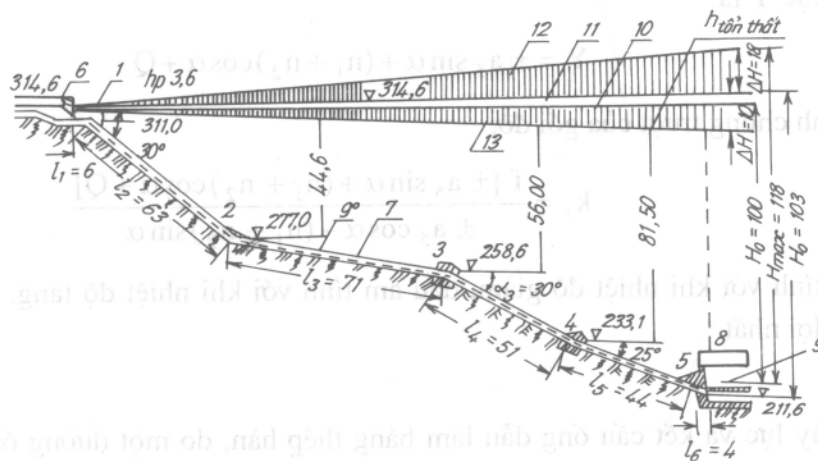
$$h_d = 0,00083 \times 1,16 \frac{2^{1,9}}{0,8^{1,1}} \times 238 = 1,08\text{m}$$

b) Tổn thất cục bộ trong ống chỗ cửa vào (hình miệng loa) lấy hệ số tổn thất $\xi = 0,1$, vậy tổn thất ở cửa vào:

$$h_{\text{vào}} = 0,1 \times \frac{2,0^2}{2 \times 9,81} = 0,02\text{m}$$

Thực tế phải lấy vận tốc trung bình ở đoạn miệng vào (nhỏ hơn vận tốc trong ống). Nhưng vì tổn thất ở đây rất nhỏ nên lấy gần đúng bằng vận tốc trong ống 2m/s .

Bán kính chỗ các đoạn ống uốn cong đều lấy bằng $R = 5D$, còn góc trung tâm ở 5 trụ néo như sau $\theta_1 = 30^\circ$; $\theta_2 = \theta_3 = 21^\circ$; $\theta_4 = 5^\circ$; $\theta_5 = 25^\circ$.



Hình 3.34A: Sơ đồ đặt ống dẫn theo ví dụ tính toán thủy lực và kết cấu ống
1, 2, 3, 4, 5. Trụ néo; 6. Bể áp lực; 7. Đường ống; 8. Nhà máy; 9. Tuôcbin;
10. Đường đo áp khi tuôcbin làm việc với $Q = Q_{\max}$; 11. Đường mặt nước tĩnh;
12. Đường đo áp khi nước va dương; 13. Đường đo áp khi nước va âm

Tổn thất cột nước ở các chỗ uốn cong tính theo công thức:

$$h_{gối} = \xi' \frac{\theta^\circ}{90^\circ} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Ở gối thứ nhất:

$$h_{gối} = 0,13 \cdot \frac{30^\circ}{90^\circ} \cdot \frac{2^2}{19,62} \approx 0,01\text{m}$$

Ở các gối khác các trị số này cũng rất nhỏ và khác nhau rất ít nên đều có thể lấy bằng khoảng 0,01m.

Tổn thất chỗ ống phân nhánh:

Góc chỗ phân nhánh $\varphi_1 = \varphi_2 = 30^\circ$, đường kính ống nhánh là 480mm, vận tốc dòng chảy trong ống nhánh là:

$$v = \frac{0,5}{\frac{\pi}{4}(0,48)^2} = 2,78 \text{ m/s}$$

$$\text{Hệ số tổn thất: } \xi = \tau \left[1 - 2 \frac{2,78}{2} \cos 30^\circ + \left(\frac{2,78}{2} \right)^2 \right] = 0,5$$

Vậy tổn thất chỗ phân nhánh:

$$h_{nhánh} = 0,5 \frac{2^2}{19,62} = 0,10\text{m}$$

Tổng cộng tổn thất cục bộ:

$$h_c = 0,02 + 5 \times 0,01 + 0,10 = 0,17\text{m}$$

Toàn bộ tổn thất cột nước trong ống dẫn là:

$$h_{\text{toàn bộ}} = h_d + h_c = 1,08 + 0,19 = 1,25\text{m}$$

Vậy với lưu lượng $Q_{\max} = 1,0\text{m}^3/\text{s}$, cột nước thực tế của trạm là:

$$H_T = 103 - 1,25 = 101,75\text{m}$$

2. Tính toán nước va:

Vận tốc truyền sóng nước va: Vận tốc truyền sóng nước va ở đoạn ống phía trên, dài 139m là:

$$a_1 = \frac{1425}{\sqrt{1 + 0,01 \frac{800}{6}}} = 930 \text{ m/s}$$

Ở đoạn ống phía dưới dài 99m:

$$a_2 = \frac{1425}{\sqrt{1 + 0,01 \frac{800}{8}}} = 1010 \text{ m/s}$$

Trị số bình quân của tốc độ truyền sóng nước và tính theo công thức sau:

$$a_{bq} = \frac{L}{\frac{l_1}{a_1} + \frac{l_2}{a_2}} = \frac{238}{\frac{139}{930} + \frac{99}{1010}} = 956 \text{ m/s}$$

Tính áp lực nước và tăng lên ở cuối ống dẫn: Thời gian đóng mở tuôcbin hoàn toàn $T_s = 3s$ lớn hơn một pha nước va:

$$\frac{2L}{a_{bq}} = \frac{2 \times 238}{956} = 0,5s. \text{ Vậy là nước va gián tiếp, } \left(T_s > \frac{2L}{a_{bq}} \right)$$

Áp lực tăng khi cắt toàn bộ phụ tải (từ $N_{\max}$ đến 0). Trước hết tính các hệ số đặc tính của ống:

$$\varphi = \frac{956 \times 2}{19,62 \times 100} = 0,97$$

$$\sigma = \frac{238 \times 2}{9,81 \times 3 \times 100} = 0,16$$

Với trường hợp cắt toàn bộ phụ tải thì $\tau_d = 1$, $\tau_c = 0$.

Như vậy $\varphi \tau_d = 0,97 \times 1 < 1$, nước va pha đầu. Áp dụng công thức:

$$z_1 = \frac{2\sigma}{1 + \varphi \tau_d - \sigma} = \frac{2 \times 0,16}{1 + 0,97 - 0,16} = 0,18$$

Vậy áp lực tăng ở cuối ống:

$$\Delta H^+ = Z_1 \bar{H}_0 = 0,18 \times 100 = 18m$$

Áp lực giảm xuống ở cuối ống khi tăng phụ tải đột ngột.

Tính với trường hợp như sau: Khi một tổ máy đang làm việc hết công suất $\tau'_d = 1$, còn tổ máy kia đang từ chạy không tải tăng đến hết công suất, tức là $\tau''_d = 0,2$ và $\tau'_c = 1$. Vì đường ống nối với hai tuôcbin nên khi tính toán giả thiết rằng nối với một tuôcbin có lưu lượng lúc đầu là:

$$Q_d = Q'_T + \tau''_d Q'_T = 0,5 + 0,2 \times 0,5 = 0,6m^3/s$$

Độ mở lúc đầu:

$$\tau_d = \frac{\tau'_d + \tau''_d}{2} = \frac{1,0 + 0,2}{2} = 0,6$$

Sau khi mở: $Q_c = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ và $\tau_c = 1$. Thời gian đóng mở toàn bộ tuốcbin ở giả thiết này phải tính bằng $T_s = 2T_s = 6$ giây.

Vậy hệ số đặc tính của ống là:

$$\varphi = \frac{956 \times 2}{19,62 \times 100} = 0,97$$

$$\sigma = \frac{238 \times 2}{9,81 \times 6 \times 100} = 0,081$$

Vì $\varphi\tau_d = 0,97 \times 0,6 = 0,58 < 1$ vậy là nước va pha dầu, áp lực nước va âm tính theo công thức:

$$y = \frac{2\sigma}{1 + \varphi\tau_d\sigma} = \frac{2 \times 0,081}{1 + 0,58 + 0,081} = 0,1$$

Trị số áp lực giảm xuống ở cuối ống:

$$\Delta H^- = y.H_0 = 0,1 \times 100 = 10\text{m}$$

Phân bố áp lực nước va theo chiều dài ống.

Cột nước áp lực ở mỗi mặt cắt của ống khi có nước va, sẽ tính theo công thức (trong đó khi tính nước va dương bỏ qua tổn thất thủy lực của ống, còn khi tính nước va âm phải tính đến tổn thất thủy lực):

$$\text{Tăng áp: } H^+ = (\nabla_t - \nabla_o) + \Delta H^+$$

$$\text{Giảm áp: } H^- = (\nabla_n - \nabla_o) - \Delta H^-$$

Trong đó:

∇_t - cao trình mặt nước ở bể áp lực;

∇_o - cao trình trục đường ống ở mặt cắt tính toán;

∇_n - cao trình đường đo áp của mặt cắt khi $Q = Q_{\max}$.

Các trị số tính được ở các mặt cắt ứng với các trụ néo và mặt cắt tại tuốcbin thống kê trong bảng sau:

Số liệu tính toán (m)	Số thứ tự điểm tính toán					
	1	2	3	4	5	6
Khoảng cách đến bề áp lực (<i>l</i>)	5	68	139	190	234	238
Cột nước tĩnh (H_0)	3,6	44,6	56,0	81,5	100	100
Áp lực tăng lên khi nước va dương (ΔH^+)	0,4	5,10	10,5	14,4	17,6	18
Tổng cột nước áp lực khi có nước va dương (H^+)	4,00	49,7	66,5	95,9	117,6	118
Cao trình đường đo áp khi $Q_{\max}$	3,57	44,2	55,3	80,5	98,8	98,75
Áp lực giảm xuống khi nước va âm (ΔH^-)	-0,2	-2,8	-5,8	-8,0	-9,8	-10
Tổng cột nước áp lực khi có nước va âm	3,37	41,4	49,5	72,5	89,0	88,75

Căn cứ vào bảng trên có thể vẽ được đường mực nước dọc theo chiều dài ống và có thể thấy rằng khi phát sinh nước va âm thì bất kì mặt cắt nào trong ống cũng đều bảo đảm không sinh ra chân không. Mặt khác căn cứ vào từng mực nước đo áp khi có nước va dương mà tính toán kiểm tra cường độ thành ống.

3. Xác định chiều dày thành ống: Tính toán theo công thức gần đúng (chỉ tính với ứng suất hướng vòng) theo công thức (3.15), với chất lượng hàn không cao lắm lấy $\varphi_h = 0,9$, tìm được chiều dày thành ống:

$$t = \frac{0,981 \times 118 \times 80}{2 \times 0,75 \times 12753 \times 0,9} = 0,54 \text{ cm} = 5,4 \text{ mm}$$

Lấy chẵn 6mm và thêm 2mm để phòng han gỉ, chiều dày thành ống bằng 8mm. Đoạn ống phía trên cột nước nhỏ hơn, có thể lấy thành ống dày 6mm. Với chiều dày này có thể chịu được cột nước lớn nhất là:

$$(H_0 + \Delta H^+) = \frac{(t - 0,2) \times 2\varphi_h \times 0,75[\sigma]}{0,981.D} = \frac{(0,6 - 0,2) \times 2 \times 0,9 \times 0,75 \times 12753}{0,981 \times 80} = 87,7 \text{ m}$$

Tổng cộng nước áp lực ở trụ néo thứ 3 là 66,5m, gối thứ 4 là 95,9m. Vậy lấy trụ néo thứ 3 trở lên thành ống dày 6mm.

4. Thiết kế trụ néo: Ở đây ví dụ tính với trụ néo thứ 3. Khi tính quy định những lực cùng hướng với dòng chảy là dương, ngược lại là âm. Gọi lực A' là các lực hướng theo trục của đoạn ống phía trên tác dụng vào trụ, lực A'' là các lực hướng theo trục của đoạn ống phía dưới tác dụng vào trụ.

Trường hợp bất lợi nhất là khi trạm làm việc với $Q_{\max} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ và nhiệt độ tăng (đoạn ống phía trên di động hướng lên). Các kết quả tính toán ghi trong bảng sau:

Tên lực		A'_1	A''_1	A'_4	A''_4	A'_5	A'_6	A'_7	A''_7	A'_8	A''_8	$\Sigma A'$	$\Sigma A''$
Trị số (kN)	+	280		12,6		245,9	4,5	28,0		10,0		581,0	
	-		280		2,4				35,2		10,0		322,8

Tổng lực hướng trục của đoạn ống phía trên tác dụng lên gối là 581,0 kN và có chiều hướng theo dòng chảy. Tổng lực hướng trục của đoạn ống phía dưới tác dụng lên gối là 322,8 kN và có chiều ngược với dòng chảy.

Từ giao điểm của lực hướng trục $\Sigma A'$ và $\Sigma A''$ vẽ trục tọa độ X và Y rồi đem tổng lực hướng trục phân làm hai thành phần theo trục tọa độ này sẽ có:

$$X' = \Sigma A' \cos \alpha = 581,0 \cdot \cos 9^\circ = 574 \text{ kN}$$

$$Y' = \Sigma A' \sin \alpha = 581,0 \cdot \sin 9^\circ = 90,6 \text{ kN}$$

$$X'' = \Sigma A'' \cos \alpha'' = 322,8 \cdot \cos 30^\circ = 279,7 \text{ kN}$$

$$Y'' = \Sigma A'' \sin \alpha'' = 322,8 \cdot \sin 30^\circ = 161,4 \text{ kN}$$

Tổng cộng các phân lực trên:

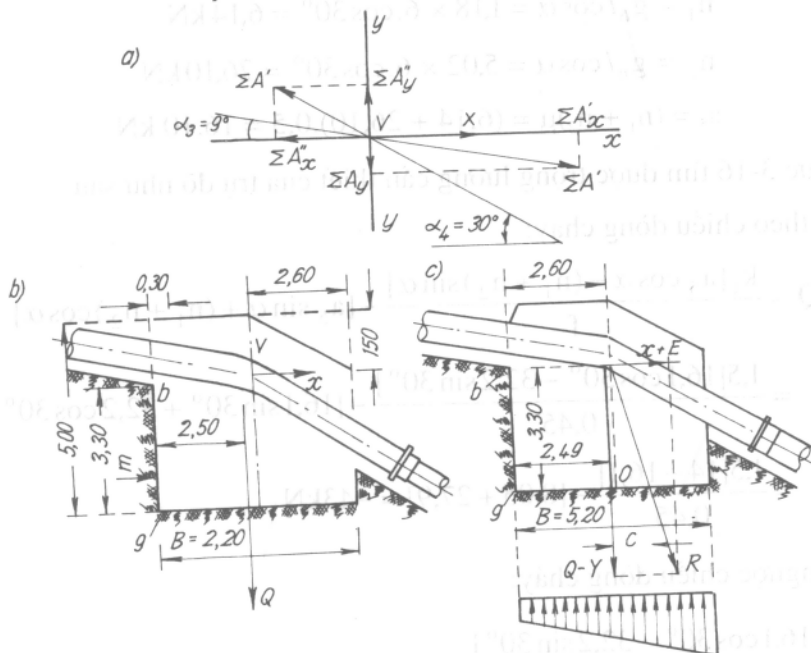
$$\Sigma X = X' - X'' = 574 - 279,7 = 294,3 \text{ kN}$$

$$\Sigma Y = Y' - Y'' = 90,6 - 161,4 = -70,8 \text{ kN}$$

Ngoài ra còn áp lực đất chủ động E trên mặt b - g của trụ néo. Với trụ néo như hình dưới đây tính được $E = 27,5 \text{ kN}$.

Nền là đất thịt khô, lấy hệ số ma sát theo bảng 3.12 có $f = 0,45$. Hệ số ổn định chống trượt lấy bằng $k_1 = 1,5$. Từ đó tìm được trọng lượng cần thiết của trụ theo công thức 3-16 (thêm lực đẩy ngang của đất E):

$$Q = \frac{k_1 (\Sigma X + E)}{f} - \Sigma Y = \frac{1,5(294,3 + 275)}{0,45} + 70,8 = 1146 \text{ kN}$$



Hình 3.34B: Sơ đồ tính toán lực tác dụng và định kích thước trụ néo

Trọng lượng riêng của bê tông là 24 kN/m^3 . Như vậy thể tích của trụ náo là:

$$W = \frac{Q}{24} = \frac{1146}{24} = 47,7 \text{ m}^3$$

Chiều rộng đáy của trụ $B = 5,20 \text{ m}$, chiều dày $t = 2,13 \text{ m}$. Theo kích thước hình vẽ diện tích mặt cắt dọc trụ là $23,80 \text{ m}^2$. Thể tích trụ trừ đi thể tích ống chiếm chỗ:

$$W = 23,8 \times 2,13 - \frac{\pi}{4} (0,816)^2 \times 5,63 = 50,64 - 2,94 = 47,7 \text{ m}^3$$

Ứng suất dưới nền tính theo công thức (3-17):

$$\sigma = \frac{\sum Y + Q}{F} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right)$$

Khoảng cách lệch tâm e , theo hình vẽ tìm được $e = 0,62$, nhỏ hơn $\frac{B}{6} = 0,87 \text{ m}$, vậy

không phát sinh ứng suất kéo. Ứng suất dưới nền:

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{1075,2}{5,2 \times 2,13} \left(1 \pm \frac{6 \times 0,62}{5,2} \right) = 96,9 (1 \pm 0,715)$$

$$\sigma_{\max} = 166 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = 27,8 \text{ kN/m}^2$$

5. Tính toán trụ đỡ: Khoảng cách giữa các trụ đỡ lấy $l = 6 \text{ m}$. Tính được các lực tác dụng như sau:

$$n_1 = g_o / \cos \alpha = 1,18 \times 6 \cdot \cos 30^\circ = 6,14 \text{ kN}$$

$$n_2 = g_n / \cos \alpha = 5,02 \times 6 \cdot \cos 30^\circ = 26,10 \text{ kN}$$

$$a_s = (n_1 + n_2) \mu = (6,14 + 26,10) \cdot 0,5 = 16,10 \text{ kN}$$

Theo công thức 3-16 tìm được trọng lượng cần thiết của trụ đỡ như sau:

Khi a_s hướng theo chiều dòng chảy:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{k_t [a_s \cos \alpha - (n_1 + n_2) \sin \alpha]}{f} - [a_s \sin \alpha + (n_1 + n_2) \cos \alpha] \\ &= \frac{1,5 [16,1 \cos 30^\circ - 32,2 \sin 30^\circ]}{0,45} - [16,1 \sin 30^\circ + 32,2 \cos 30^\circ] \\ &= \frac{1,5 [14 - 16,1]}{0,45} - [8,05 + 27,9] = -43 \text{ kN} \end{aligned}$$

Khi a_s hướng ngược chiều dòng chảy:

$$Q = \frac{1,5 [-16,1 \cos 30^\circ - 32,2 \sin 30^\circ]}{0,45} - [-16,1 \sin 30^\circ + 32,2 \cos 30^\circ] = -119,9 \text{ kN}$$

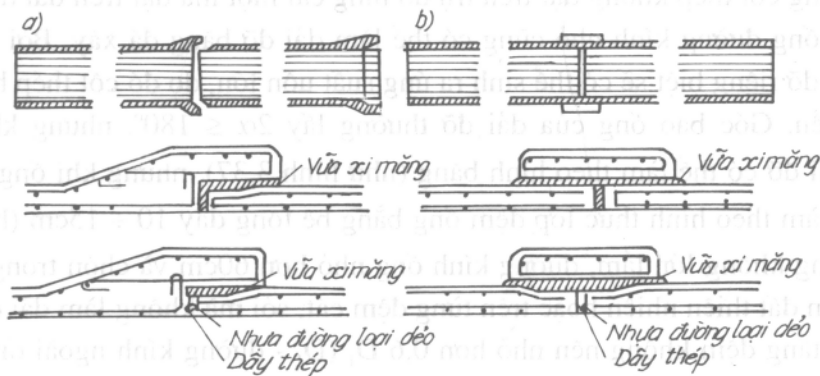
Từ kết quả ở trên cho thấy trị số trọng lượng của trụ đỡ là âm, vì vậy trọng lượng trụ đỡ không cần thiết. Do đó, kích thước trụ theo yêu cầu cấu tạo mà quyết định nhưng diện tích mặt đáy của trụ phải đủ lớn để đảm bảo ứng suất dưới nền nhỏ hơn hoặc bằng ứng suất cho phép.

3.7. ĐƯỜNG ống BẰNG BÊ TÔNG CỐT THÉP

3.7.1. Cấu tạo chung

Ống bê tông cốt thép thường dùng với cột nước khoảng 30m trở xuống. Loại này có thể đặt lộ thiên hoặc chôn dưới đất. Khuyết điểm của ống bê tông cốt thép là trọng lượng lớn, khớp nối nhiệt phức tạp và tính chống thấm kém.

Ống loại này có thể làm sẵn thành từng đoạn, thường áp dụng với ống có đường kính nhỏ hơn 1,5m. Vì áp lực nước trong ống tương đối lớn nên phải đặc biệt chú ý chỗ nối tiếp để tránh rò rỉ. Đối với ống có đường kính nhỏ hơn 60cm thì thường nối tiếp các đoạn theo kiểu lồng đầu ống (hình 3.35a); khi đường kính ống tương đối lớn thường nối tiếp theo kiểu có đoạn bao ngoài (hình 3.35b). Các đoạn ống có thể mua tại nhà máy bê tông đúc sẵn chế tạo bằng phương pháp li tâm, loại này có độ chặt lớn nên chống thấm và chống ăn mòn tốt.



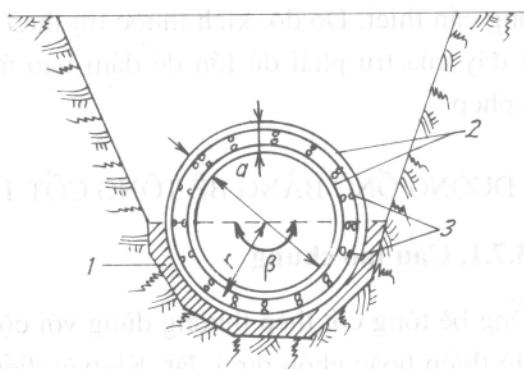
Hình 3.35: Hình thức nối tiếp ống bê tông cốt thép làm sẵn từng đoạn

a) Nối lồng đầu; b) Nối có đoạn bao ngoài

Ống bê tông cốt thép cũng có thể đổ ngay tại hiện trường. Khi ống dài tốt nhất là chia đoạn mà đổ, mỗi đoạn dài khoảng 10 đến 15m, khi đổ mỗi đoạn phải bắt đầu từ giữa ra, trước hết để chừa một khoảng trống, lộ đầu cốt thép ra, sau khoảng 40 ngày mới đổ tiếp nối lại. Khi nối nên lợi dụng lúc nhiệt độ thấp, để sau này giảm bớt ứng suất nhiệt.

Ống bê tông cốt thép nên đặt hai hàng cốt thép, chỉ khi đường kính ống nhỏ, thành ống mỏng và cột nước thấp mới đặt một hàng. Ngoài cốt thép vòng chịu lực ra còn phải đặt cốt thép phân bố theo hướng dọc. Hàm lượng cốt thép vòng không nhỏ hơn 0,4% và cốt thép

hướng dọc không lấy nhỏ hơn 0,2%. Thông thường số cốt thép vòng không lấy ít hơn 6 thanh trên một mét dài của ống, nghĩa là khoảng cách cốt thép vòng không lớn hơn 17cm, mặt khác khoảng cách cốt thép vòng cũng không lấy nhỏ hơn 1,5 lần chiều dày thành ống. Đường kính cốt thép dọc thường lấy khoảng 0,6 lần đường kính cốt thép vòng. Độ dày lớp bảo vệ không được nhỏ hơn 2cm. Số hiệu bê tông dùng chế tạo ống không được thấp hơn 200. Kích thước cốt liệu dùng để trộn bê tông (sỏi, đá dăm) nói chung không lấy lớn hơn 1/5 độ dày thành ống. Vì yêu cầu chống thấm nên tỉ lệ giữa nước và xi măng phải khống chế trong khoảng $0,5 \div 0,6$.



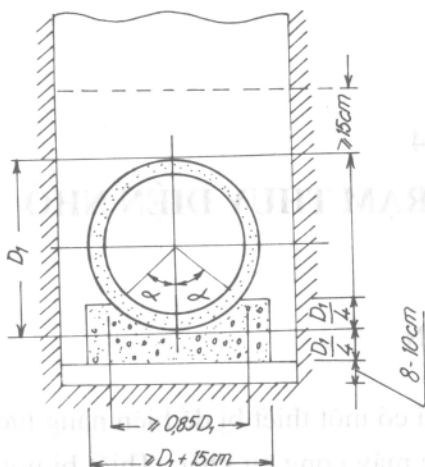
Hình 3.36: Ống bê tông cốt thép chôn dưới đất, đặt trên lớp đệm bê tông
1. Lớp đệm bê tông; 2. Cốt thép vòng;
3. Cốt thép dọc ống

Ống bê tông cốt thép chôn dưới đất có thể đặt trong hào hoặc bố trí trên mặt đất rồi lấp đất lên (hình 3.36).

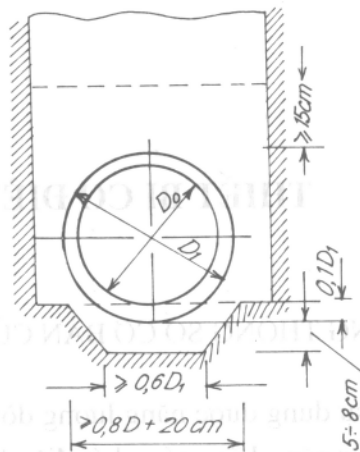
Ống bê tông cốt thép không đặt trên trụ đỡ từng cái một mà đặt trên dải đỡ liên tục bằng bê tông, với ống đường kính nhỏ cũng có thể làm dải đỡ bằng đá xây. Bởi vì nếu ống đặt trên từng trụ đỡ riêng biệt sẽ có thể sinh ra ứng suất uốn lớn, do đó cốt thép hướng dọc phải tăng lên nhiều. Góc bao ống của dải đỡ thường lấy $2\alpha \leq 180^\circ$, nhưng không được lấy $2\alpha \leq 90^\circ$. Dải đỡ có thể làm theo hình băng (như hình 3.37), nhưng khi ống chôn dưới đất cũng có thể làm theo hình thức lớp đệm ống bằng bê tông dày $10 \div 15\text{cm}$ (hình 3.38). Khi độ dốc đặt ống không lớn lắm, đường kính ống nhỏ hơn 60cm và chôn trong đất khô cũng có thể đặt trên đất thiên nhiên hoặc trên từng đệm cát, sỏi mà không làm dải đỡ. Chiều rộng mặt đáy của tầng đệm không nên nhỏ hơn $0,6 D_1$ (D_1 - đường kính ngoài ống). Sau đó lấp đất, đầm nện chặt, chiều dài lớp đất đầm nện trên đỉnh ống phải từ 15cm trở lên (hình 3.38). Trong trường hợp nền là đá, hoặc ống đặt trong đất ngầm nước mà đường kính ống lớn hơn 60cm phải dùng dải đỡ bê tông.

Nếu nền là đất mềm thì dưới dải đỡ đổ thêm lớp đệm dày $8 \div 10\text{cm}$ bằng đá dăm hoặc cuội, đầm nện chặt.

Khi ống chôn trong hào, chiều rộng đáy như sau: với ống có đường kính trong $D_0 < 0,5\text{m}$, nổi lồi đầu, chiều rộng đáy hào lấy bằng $D_0 + 0,6\text{m}$, nổi có đoạn bao ngoài, lấy bằng $D_0 + 0,8\text{m}$. Với ống có đường kính trong $D_0 > 0,5\text{m}$, nổi lồi đầu, chiều rộng đáy hào lấy bằng $D_0 + 1,0\text{m}$, nổi có đoạn bao ngoài lấy bằng $D_0 + 1,2\text{m}$. Độ dốc mái hào tùy theo tính chất đất và phương pháp đào hào quyết định.



Hình 3.37: Ống bê tông cốt thép đặt trên dải đỡ chôn trong hào



Hình 3.38: Ống bê tông cốt thép chôn dưới hào, đặt trên lớp đệm cát.

3.7.2. Chọn số lượng cốt thép và độ dày thành ống

Trước khi tính nội lực phải biết kích thước của ống. Do đó phải giả thiết chiều dày thành ống, sau đó tính nội lực mới chọn tiết diện cốt thép cần thiết.

Chiều dày thành ống còn phụ thuộc điều kiện thi công và chống thấm. Đối với trạm nhỏ thông thường vào khoảng $10 \div 15\text{cm}$.

Tính tiết diện cốt thép cũng như tính các loại ống dẫn nước (ống tròn...), nói chung đối với trạm thủy điện nhỏ thường đường kính ống rất nhỏ so với cột nước tác dụng, nên có thể bỏ qua mômen mà chỉ tính đến lực hướng vòng. Khi đó tiết diện cốt thép tính theo công thức:

$$F_a = \frac{kN}{\sigma_k}, \quad (\text{cm}^2)$$

Trong đó:

k - hệ số an toàn, đối với trạm thủy điện nhỏ có thể lấy $k = 1,6$;

N - lực kéo hướng vòng (N);

σ_k - cường độ chịu kéo cực hạn của cốt thép (N/cm^2);

Tính toán kiểm tra độ dày thành ống: Để tránh cho ống khỏi nứt nẻ do cốt thép biến dạng gây nên, khi tính toán phải tính bê tông tham gia chịu kéo. Chiều dày thành ống tính theo công thức:

$$t = \frac{kN - 20F_a}{100\sigma_b}, \quad (\text{cm})$$

Trong đó:

k - hệ số an toàn. Với trạm nhỏ lấy $k = 1,25$;

N - lực kéo hướng vòng ở thành ống (N);

F_a - tiết diện cốt thép chịu lực hướng vòng, tính trên mỗi mét dài của ống (cm^2);

σ_b - ứng suất chịu kéo cực hạn của bê tông (N/cm^2).

Ví dụ đối với bê tông số hiệu 200, $\sigma_b = 155 \text{ N}/\text{cm}^2$.

Chương 4

THIẾT BỊ CƠ ĐIỆN CỦA TRẠM THỦY ĐIỆN NHỎ

4.1. NHỮNG THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA TUÔCBIN

Muốn sử dụng được năng lượng dòng nước phải có một thiết bị để biến năng lượng nước đó thành cơ năng kéo máy phát điện hoặc kéo các máy công cụ khác. Thiết bị nói trên gọi tên chung là động cơ nước, loại động cơ nước hiện nay hay dùng nhất là tuốcbin.

Tuốcbin được chia làm hai loại: xung kích và phản kích. Cấu tạo của hai loại này hoàn toàn khác nhau. Trước khi nghiên cứu cấu tạo cụ thể của nó ta hãy xét một số khái niệm chung về tuốcbin.

1. *Công suất tuốcbin.* Khi có dòng chảy qua tuốcbin, với cột nước H , lưu lượng Q , sẽ có một công suất $N = \gamma QH$.

Dòng chảy khi qua tuốcbin và các bộ phận công trình sẽ bị tổn thất thủy lực, còn tuốcbin khi làm việc cũng bị tổn thất một phần năng lượng gồm có tổn thất thủy lực lẫn ma sát. Vì vậy công suất tuốcbin phát ra sẽ bằng:

$$N = \gamma QH\eta = 9,81QH\eta \quad , \quad (\text{kW})$$

Trong đó: η là hệ số công suất và gọi tắt là hiệu suất tuốcbin.

Công suất xác định theo công thức trên chỉ là công suất tính toán ở trục tuốcbin. Từ tuốcbin đến các hộ dùng điện còn các tổn thất năng lượng qua khâu truyền động, máy phát điện, đường dây tải điện... Do đó, nếu một khâu nào của trạm thủy điện có kết cấu không hợp lý thì hiệu suất của trạm sẽ bị hạ thấp và trạm không phát huy được đầy đủ tác dụng.

2. *Hiệu suất của tuốcbin.* Do có tổn thất ở ngay tuốcbin nên hiệu suất của nó luôn luôn nhỏ hơn 1.

Nhờ có máy điều tốc của tuốcbin có thể thay đổi lưu lượng để phát ra công suất lớn hoặc nhỏ, cho phù hợp với yêu cầu công suất ở bên ngoài. Nhưng khi đo hiệu suất tuốcbin cũng sẽ thay đổi theo. Hiệu suất tuốcbin thường chỉ đạt được trị số lớn nhất khi công suất nhỏ hơn công suất giới hạn một ít (khoảng 70 - 90% công suất giới hạn tùy theo loại tuốcbin). Như vậy hiệu suất tuốcbin sẽ có hai chế độ làm việc đặc trưng là: chế độ lợi nhất, tức là khi hiệu suất tuốcbin lớn nhất $\eta_{\max}$ và hiệu suất giới hạn η_{gh} khi công suất đạt đến trị số giới hạn ứng với cột nước và số vòng quay nào đó.

Hiệu suất tuốcbin hiện đại đã có thể đạt đến 93 - 94%. Tuốcbin chong chóng loại nhỏ $\eta_{\max}$ chỉ đạt 75 - 80%, tuốcbin gáo và xung kích hai lần $\eta_{\max}$ có thể đạt 80% trở lên.

Hiệu suất khi công suất đạt đến giới hạn η_{gh} thấp hơn hiệu suất lợi nhất từ 1% đến 15% tùy theo kiểu tuốcbin.

3. *Cột nước làm việc của tuốcbin.* Cột nước làm việc của tuốcbin ở trạm thủy điện là khoảng cách giữa mực nước thượng lưu và hạ lưu của trạm, trừ đi các trị số tổn thất qua công trình, cửa lấy nước và đường dẫn nước vào và ra của tuốcbin.

Nói chung tuốcbin có thể dùng với cột nước rất nhỏ, nhưng với cột nước nhỏ quá thì hoặc lưu lượng qua tuốcbin sẽ rất nhỏ, do đó công suất sẽ quá nhỏ, hoặc muốn có được lưu lượng lớn để nâng công suất của tuốcbin thì phải chế tạo với kích thước lớn, nên gây khó khăn cho việc xây dựng và không lợi về kinh tế. Vì vậy đối với tuốcbin có công suất nhỏ thường ít khi dùng với cột nước dưới 1,5m, với công suất tương đối lớn, ít khi dùng với cột nước dưới 3m.

4. *Lưu lượng tuốcbin.* Lưu lượng tuốcbin Q thường tính bằng m^3/s hoặc l/s . Với cùng một tuốcbin khi cột nước làm việc càng lớn thì khả năng tháo lưu lượng qua nó cũng càng lớn do đây công suất càng lớn. Tuốcbin có thiết bị điều chỉnh cho lưu lượng thay đổi từ trị số rất nhỏ đến lưu lượng giới hạn của tuốcbin Q_{gh} . Nhưng khi giảm lưu lượng, hiệu suất tuốcbin cũng giảm theo, mức độ giảm hiệu suất nhanh, chậm tùy theo kiểu tuốcbin. Thông thường loại tuốcbin càng có hệ số vòng quay lớn thì hiệu suất tuốcbin càng giảm nhanh khi lưu lượng giảm. Chỉ có loại tuốcbin cánh quay vì cánh tuốcbin có thể thay đổi được độ nghiêng để thích ứng với các lưu lượng khác nhau nên mặc dầu hệ số vòng quay lớn, nhưng hiệu suất của nó vẫn giảm rất chậm khi lưu lượng giảm.

5. *Đường kính tuốcbin.* Để đặc trưng cho kích thước tuốcbin người ta dùng một trị số là đường kính bánh xe quay D_1 , các công thức tính toán liên hệ đến kích thước tuốcbin, thường tính theo trị số này. Các kích thước khác của tuốcbin tùy theo kiểu mà phụ thuộc đường kính D_1 theo những tỉ lệ nhất định.

Với cùng một kiểu tuốcbin và với cùng một cột nước nếu đường kính tuốcbin càng lớn, thì lưu lượng càng lớn và do đó công suất cũng càng lớn, nhưng số vòng quay lại càng nhỏ.

6. *Tỉ số vòng quay của tuốcbin.* Đối với cùng cột nước H và lưu lượng Q , những kiểu tuốcbin khác nhau sẽ có số vòng quay khác nhau.

Mức độ quay nhanh, chậm của tuốcbin được đặc trưng bằng một trị số gọi là tỉ số vòng quay (còn gọi là hệ số độ nhanh hoặc tỉ tốc) của tuốcbin, tính theo công thức sau:

$$n_s = \frac{n}{H} \sqrt{\frac{N}{H}} \quad (4-1)$$

Trong đó:

n - số vòng quay của tuốcbin (vg/ph);

N - công suất của tuốcbin (kW);

H - cột nước làm việc của tuốcbin (m).

Trong công thức trên nếu có $H = 1\text{m}$ và $N = 1\text{kW}$ thì sẽ có $n_s = n$, cho nên mới có định nghĩa: tỉ số vòng quay n_s của một kiểu tuốcbin là số vòng quay trong một phút của một tuốcbin kiểu đó khi làm việc với cột nước bằng 1m, và phát ra công suất bằng 1kW.

Từ công thức (4-1), khi biết tỉ số vòng quay của tuốcbin có thể tính được số vòng quay của nó bằng công thức:

$$n = n_s H \sqrt{\frac{\sqrt{H}}{N}} \quad (4-2)$$

Từ công thức này ta cũng thấy nếu tuốcbin có tỉ số vòng quay lớn, làm việc với cột nước lớn và công suất nhỏ thì sẽ có số vòng quay lớn. Do đó khi cột nước lớn công suất nhỏ nên dùng loại tuốcbin chậm (có n_s nhỏ) để cho số vòng quay không lớn quá trị số cho phép. Ngược lại, khi cột nước nhỏ, công suất lớn thì phải dùng tuốcbin loại nhanh (n_s lớn) để số vòng quay khỏi nhỏ quá.

7. *Hạn chế việc sử dụng tuốcbin theo điều kiện xâm thực.* Khi tuốcbin làm việc trong những điều kiện nào đó, do sự giảm áp ở phía dưới bánh xe quay, có thể phát sinh hiện tượng ăn mòn mà phá hoại tuốcbin, gọi là hiện tượng xâm thực. Một trong những nguyên nhân của hiện tượng này là do tuốcbin làm việc với cột nước cao quá, không tương ứng với tỉ số vòng quay của nó.

Theo điều kiện xâm thực, cột nước làm việc của tuốcbin không được vượt quá giới hạn ở bảng (4.1)

Bảng 4.1. Cột nước giới hạn theo điều kiện xâm thực của tuốcbin ứng với các tỉ số vòng quay khác nhau

n_s	30	82	120	160	210	230	300	700	900
H	300	250	170	120	100	70	45	25	6

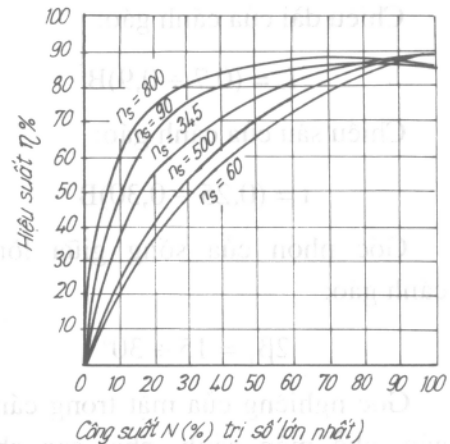
Thực tế thường áp dụng trong các phạm vi sau:

- Tuốcbin gáo dùng ở cột nước 50 đến 1000m và cao hơn, đã có trạm đến 1770m. Tuốcbin gáo có thể chế tạo với công suất bất kì.
- Tuốcbin xung kích hai lần thường dùng với cột nước 6 đến 20m, có thể đạt đến 60m, công suất thường không quá 100 ÷ 200 kW.

- Tuốcbin tâm trục dùng với cột nước $2 \div 300\text{m}$ với công suất bất kì, (tuốcbin lớn dùng với cột nước đến 500m). Loại này phổ biến nhất.

- Tuốcbin chong chóng và cánh quay dùng với cột nước từ 2 đến 10m với cỡ nhỏ và với cỡ trung bình đến 25m (đối với các tuốcbin cỡ lớn thì tuốcbin này có thể dùng với cột nước đến 80m).

Với các tuốcbin có hệ số vòng quay khác nhau cũng có những đường đặc tính làm việc khác nhau như hình 4.1.



Hình 4.1: Đường đặc tính làm việc của các kiểu tuốcbin khác nhau

4.2. TUỐCBIN XUNG KÍCH

Nguyên lí làm việc của tuốcbin xung kích là nhờ dòng nước phun mạnh vào các cánh của tuốcbin làm cho tuốcbin quay (lợi dụng xung lực của dòng nước). Tuốcbin xung kích gồm có các kiểu chính: tuốcbin gáo, tuốcbin xung kích hai lần và tuốcbin tia nghiêng. Trong đó tuốcbin gáo và xung kích hai lần là hai kiểu thường dùng nhất, còn tia nghiêng rất ít dùng nên ở đây sẽ không đề cập đến.

4.2.1. Tuốcbin gáo (Pelton)

Thường dùng với cột nước cao, vì nếu dùng với cột nước thấp thì số vòng quay của tuốcbin sẽ nhỏ nên không có lợi. Nước dẫn từ thượng lưu xuống bằng ống dẫn, cuối ống dẫn nối với một vòi phun, tiết diện ở miệng nước ra của vòi phun thu nhỏ để dòng chảy ra khỏi miệng vòi có vận tốc lớn, phun mạnh vào các cánh gáo gắn ở bánh xe quay của tuốcbin (hình 4.2).

1. *Bánh xe quay* (còn gọi là bánh xe công tác) là bộ phận chủ yếu, nó gồm một đĩa kim loại tròn ở giữa gắn trục tuốcbin, xung quanh đĩa có lắp các cánh gáo. Cánh gáo thường chế tạo rời và lắp vào đĩa tròn bằng bulông hoặc bằng hàn hay ghép chặt. Để cho nước tác dụng vào cánh gáo khỏi bắn tung toé khi chuyển từ cánh gáo này sang cánh gáo khác, ở đầu cánh có khoét thành miệng lõm vào. Giữa lòng cánh gáo có một sống gồ lên như hình lưỡi dao để cho dòng nước sau khi phun vào lòng cánh gáo được chia làm đôi chảy lượn theo hai bên lòng cánh mà ra ngoài.

Kích thước của mỗi cánh gáo (hình 4.3) có thể lấy theo các trị số sau đây.

Chiều rộng cánh gáo:

$$B = (2,8 - 4,0)d_0$$

d_0 - đường kính của tia nước khi ra khỏi vòi phun.

Chiều dài của cánh gáo:

$$L = (0,7 \div 0,9)B$$

Chiều sâu của cánh gáo:

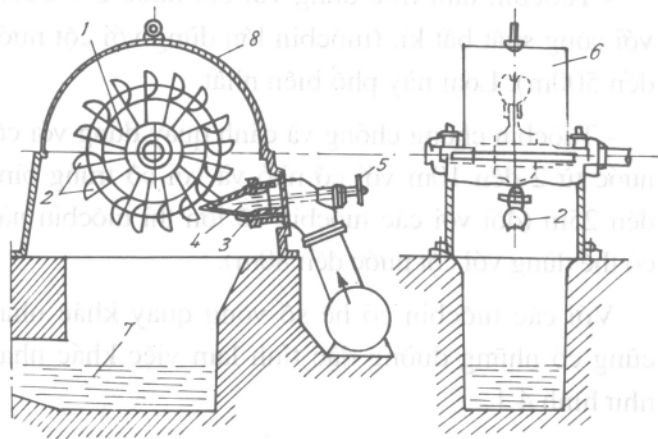
$$t = (0,25 \div 0,30)B$$

Góc nhọn của sổng giữa lòng cánh gáo:

$$2\beta_1 = 15 \div 30^\circ$$

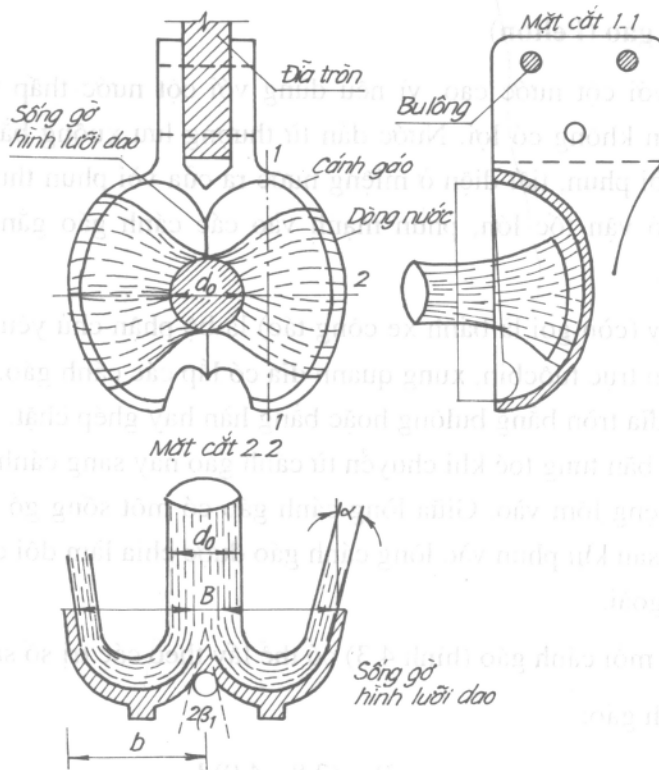
Góc nghiêng của mặt trong cánh gáo, chỗ mép cánh, phải sao cho dòng chảy khi ra khỏi lòng gáo không đập vào lưng cánh bên cạnh tùy theo khoảng cách giữa các cánh mà lấy bằng.

$$\alpha = 4^\circ \div 7^\circ$$



Hình 4.2: Sơ đồ đặt tuốc bin gáo

1. Bánh xe quay; 2. Cánh gáo; 3. Vòi phun; 4. Kim điều tiết; 5. Bánh xe quay tay để điều chỉnh kim điều tiết; 6. Nắp che ngoài; 7. Đường dẫn nước ra hạ lưu.



Hình 4.3: Chi tiết cánh gáo

Chiều rộng của miệng khoét lõm vào ở đầu cánh gáo:

$$b = 1,2d_o + 5, \text{ (mm)}$$

Kích thước của bánh xe quay (hình 4.4) sơ bộ nên lấy như sau: Đường kính của vòng tròn đi qua các điểm giữa của lòng cánh gáo bằng:

$$D = 37,2 \frac{\sqrt{H}}{n}, \text{ (m)}$$

Trong đó:

H - cột nước tác dụng, bằng khoảng cách tính từ mặt nước thượng lưu đến trung tâm của miệng vòi phun (m);

n - số vòng quay của tuôcbin (vg/ph).

Đường kính vòng tròn đi qua điểm giữa mép của miệng đầu cánh gáo:

$$D_1 = D + \frac{7}{3}d_o, \text{ (m)}$$

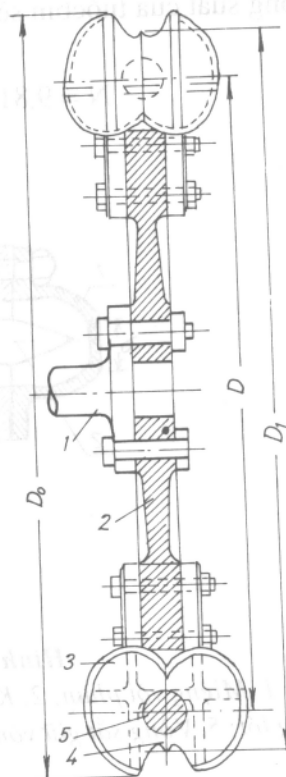
Đường kính vòng tròn ngoài cùng của bánh xe quay:

$$D_o = D_1 + d_o$$

Số cánh gáo của bánh xe quay lấy sao cho ở mỗi thời điểm dòng chảy chỉ phun vào một cánh gáo, lấy theo trị số sau:

$$Z = (5,0 \div 5,7) \sqrt{\frac{D}{d_o}}$$

2. Vòi phun được gắn liền với ống dẫn nước từ thượng lưu xuống. Bên trong vòi phun có đặt một kim điều tiết, kim này xuyên qua thành ống ra ngoài nối với bộ phận điều khiển, để có thể vận cho kim điều tiết xê dịch về phía trước hoặc phía sau điều chỉnh cho lưu lượng dòng chảy vào tuôcbin thích hợp với công suất điện cần thiết của phụ tải. Khi kim điều tiết sát hẳn vào miệng vòi thì lưu lượng bằng không và tuôcbin ngừng chạy. Ở chỗ kim điều tiết xuyên qua thành ống phải đặt vòng lót bằng cao su hay bằng sợi tẩm mỡ có khi bằng kim loại mềm để nước trong ống khỏi rò rỉ và một vòng sắt có mặt bích để vận bulông giữ cho vòng lót khỏi tuột ra (hình 4.5).



Hình 4.4: Những kích thước chính của bánh xe quay tuôcbin gáo:

1. Trục tuôcbin; 2. Đĩa sắt gắn cánh; 3. Cánh gáo;
4. Ssong hình lưới dao giữa lòng cánh; 5. Vị trí dòng nước khi phun vào giữa cánh.

Vận tốc của dòng chảy khí ra khỏi vòi tính theo công thức thủy lực:

$$v = \varphi \sqrt{2gH}, \text{ (m/s)}$$

φ - hệ số vận tốc, bằng khoảng $0,97 \div 0,98$;

H - cột nước tác dụng (m);

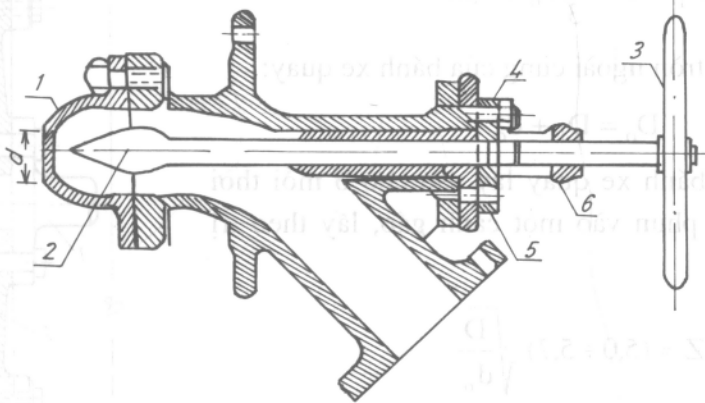
g - gia tốc trọng trường (m/s^2);

Do đó lưu lượng nước phun vào tuôcbin sẽ bằng:

$$Q = \frac{\pi d_o^2}{4} v = \frac{\pi d_o^2}{4} \varphi \sqrt{2gH}$$

Công suất của tuôcbin sẽ bằng:

$$N = 9,81 Q H \eta = \frac{9,81 \pi d_o^2 \varphi \sqrt{2gH} H \eta}{4} = 33,45 H \sqrt{H} d_o^2 \eta, \text{ (kW)}$$



Hình 4.5: Mặt cắt dọc vòi phun của tuôcbin gáo

1. Miệng vòi phun; 2. Kim điều tiết; 3. Bánh xe quay tay để điều khiển kim điều tiết;

4. Vòng lót; 5. Vòng sắt giữ vòng lót; 6. Mũ răng ốc (êcu) cố định để làm chỗ tựa vận kim điều tiết.

Dòng chảy ra khỏi vòi có co hẹp chút ít nên đường kính của miệng vòi lớn hơn đường kính dòng chảy một chút và thường lấy bằng:

$$d = 1,2d_o$$

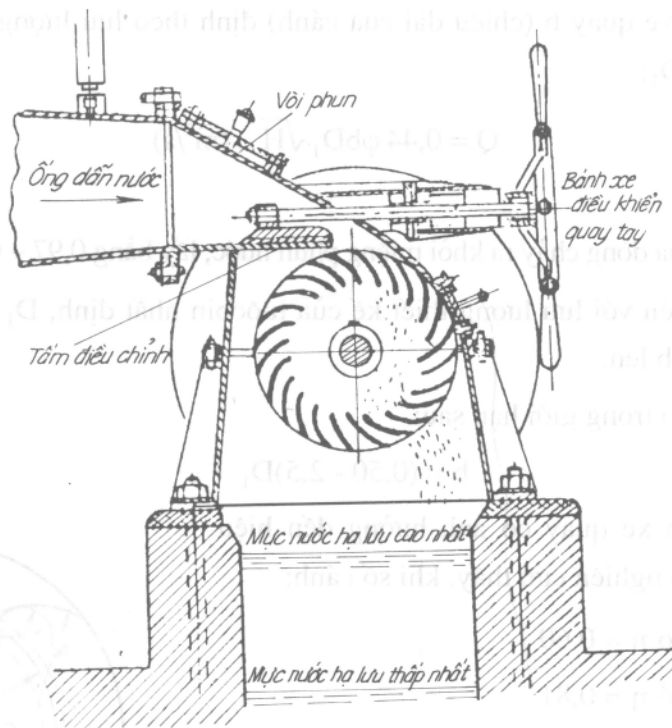
d_o - đường kính dòng chảy khí đã ra khỏi vòi.

Tỉ số giữa đường kính dòng chảy với đường kính bánh xe quay thường lấy trong khoảng:

$$\frac{d_o}{D} = \frac{1}{8} - \frac{1}{10} \text{ đến } \frac{1}{16} - \frac{1}{20}$$

4.2.2. Tuôcbin xung kích hai lần (Banki)

1. *Cấu tạo.* Loại này cũng nhờ tác dụng của dòng nước phun vào các cánh đẩy cho tuôcbin quay. Nhưng ở đây bánh xe quay cấu tạo đặc biệt để cho dòng nước sau khi ra khỏi các cánh phía trên của bánh xe quay lại hướng cho nó phun vào các cánh phía dưới để gây tác động một lần nữa, do đó gọi là tuôcbin xung kích hai lần (hình 4.6).



Hình 4.6: Tuôcbin xung kích hai lần
(dùng ống dẫn đưa nước từ thượng lưu xuống)

Bánh xe quay của tuôcbin loại này gồm các cánh bằng kim loại uốn cong, hai đầu các cánh gắn chặt vào hai đĩa tròn. Trục tuôcbin xuyên suốt qua hai đĩa tròn này và gối trên hai ổ trục ở hai đầu bánh xe quay:

Kích thước của bánh xe quay (hình 4.7) như sau:

Đường kính vòng tròn đi qua mép ngoài của các cánh:

$$D_1 = 42 \frac{\sqrt{H}}{n} \quad , \quad (\text{m})$$

Trong đó:

H - cột nước tác dụng (m);

n - số vòng quay của tuôcbin (vg/ph);

Như vậy nghĩa là đường kính D tỉ lệ nghịch với số vòng quay n .

Đường kính vòng tròn đi qua các mép trong của cánh lấy bằng:

$$D_2 = (0,63 \div 0,68) D_1$$

Trung bình lấy:

$$D_2 = 0,65 D_1$$

Chiều rộng bánh xe quay b (chiều dài của cánh) định theo lưu lượng của tuốcbin Q và đường kính tuốcbin D_1 :

$$Q = 0,44 \varphi b D_1 \sqrt{H} \text{ , (m}^3/\text{s)} \quad (4.3)$$

Trong đó:

φ - hệ số vận tốc của dòng chảy ra khỏi miệng phun nước, lấy bằng $0,97 \div 0,98$.

Theo công thức trên với lưu lượng thiết kế của tuốcbin nhất định, D_1 càng nhỏ thì càng phải tăng chiều rộng b lên.

Thường lấy trị số b trong giới hạn sau:

$$b = (0,50 - 2,5) D_1$$

Số cánh của bánh xe quay có ảnh hưởng đến hiệu suất tuốcbin (η). Qua nghiên cứu thấy, khi số cánh:

$$Z = 12 \text{ có } \eta = 0,60$$

$$Z = 20 \text{ có } \eta = 0,81$$

$$Z = 48 \text{ có } \eta = 0,87$$

Thường chọn số cánh $Z = 24$.

Kích thước của mỗi cánh uốn cong theo hai bán kính khác nhau (hình 4.7).

Trong đó:

$$R = 0,236 D_1$$

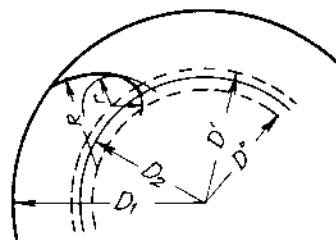
$$r = 0,078 D_1$$

Hai bán kính này có tâm nằm trên hai vòng tròn đồng tâm với bánh xe quay và có đường kính D' và D''

Trong đó:

Tâm của bán kính R nằm trên vòng tròn có đường kính $D'' = 0,586 D_1$

Tâm của bán kính r nằm trên vòng tròn có đường kính $D' = 0,684 D_1$



Hình 4.7: Sơ đồ định kích thước cánh xe quay của tuốcbin xung kích hai lần.

Miệng vòi phun đưa nước vào bánh xe quay cũng có tác dụng như tuốcbin gáo nhưng không làm hình tròn mà làm miệng vòi theo tiết diện hình chữ nhật, chiều rộng của miệng vòi phụ thuộc vào chiều rộng của bánh xe quay để nó có thể phun nước vào suốt chiều dài bánh xe quay, nhưng cũng không được để cho dòng chảy phun ra quá đầu cánh sẽ gây tổn thất lưu lượng. Do đó thường lấy chiều rộng miệng vòi phun bằng:

$$B = 0,8b$$

b - chiều rộng bánh xe quay.

Chiều cao miệng vòi (vẽ vuông góc với hướng dòng chảy).

$$d = 0,125 D_1$$

Thành trên của miệng vòi kéo dài xuống một ít để cho nước khỏi bắn ra ngoài, khe giữa thành trên này với bánh xe quay không được lấy lớn vì như vậy sẽ gây tổn thất lưu lượng, mà chỉ đủ cho bánh xe quay khỏi bị va chạm khi quay, thường khoảng cách này lấy bằng $3 \div 4\text{mm}$.

Bên trong vòi phun có bộ phận điều chỉnh lưu lượng cho phù hợp với công suất của phụ tải. Nó gồm một tấm điều chỉnh nối với những thanh truyền dẫn ra ngoài để có thể xê dịch tấm điều chỉnh tạo ra độ mở cần thiết.

Đường kính của trục tuốcbin không được lấy nhỏ hơn trị số cho phép do tính toán sức bền quyết định. Tùy theo khoảng cách giữa hai ổ đỡ ở hai đầu bánh xe quay, có thể sơ bộ định đường kính trục theo bảng sau (bằng thép CT5).

Bảng 4.2. Đường kính trục tuốcbin

Đường kính trục tuốcbin (mm)	50	50	60	70	80	90	100	110	125
Khoảng cách lớn nhất cho phép giữa hai ổ đỡ (mm)	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3540

Công suất của tuốcbin xung kích hai lần cũng tính theo công thức:

$$N = 9,81QH\eta, \text{ (kW)}$$

Thay trị số lưu lượng ở công thức (4-3) vào công thức trên sẽ được:

$$N = 4,3 \phi b D_1 H \sqrt{H\eta}, \text{ (kW)}$$

Tuốcbin loại này dùng với cột nước thấp không có lợi vì nó quay chậm nên rất khó khăn cho việc truyền động, nhưng vì kết cấu đơn giản nên với trường hợp tuốcbin trực tiếp kéo máy công cụ cũng có khi áp dụng với cột nước thấp đến 2m.

4.3. TUÔCBIN PHẢN KÍCH

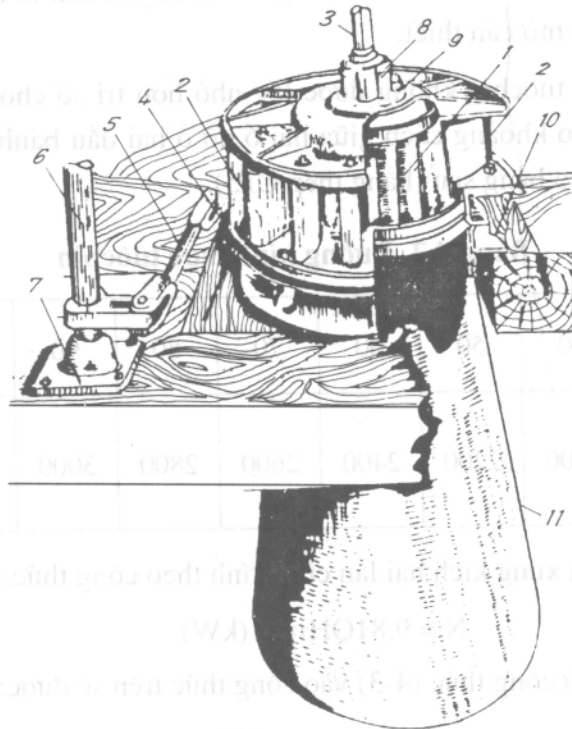
Tuôcbin phản kích khác với tuôcbin xung kích là nó không theo nguyên tắc dùng dòng nước trực tiếp phun vào cánh tuôcbin mà nhờ dòng nước có áp lực chảy theo cánh của bánh xe quay gây phản lực tác dụng vào bánh xe quay của tuôcbin làm cho nó quay ngược lại chiều chảy ra của dòng nước.

4.3.1. Cấu tạo của tuôcbin phản kích

Tuôcbin phản kích gồm những bộ phận chính sau đây:

- Bánh xe quay;
- Bộ phận hướng nước;
- Buồng tuôcbin;
- Ống thoát (còn gọi là ống hút).
- Trục tuôcbin

Trên hình 4-8 là một kiểu tuôcbin phản kích vẽ cắt ra một bộ phận hướng nước để thấy bánh xe quay bên trong. Nó gồm có bánh xe quay 1 nhờ dòng nước làm cho quay, lắp chặt



Hình 4.8: Hình toàn bộ một tuôcbin phản kích bánh xe quay kiểu tâm trục:

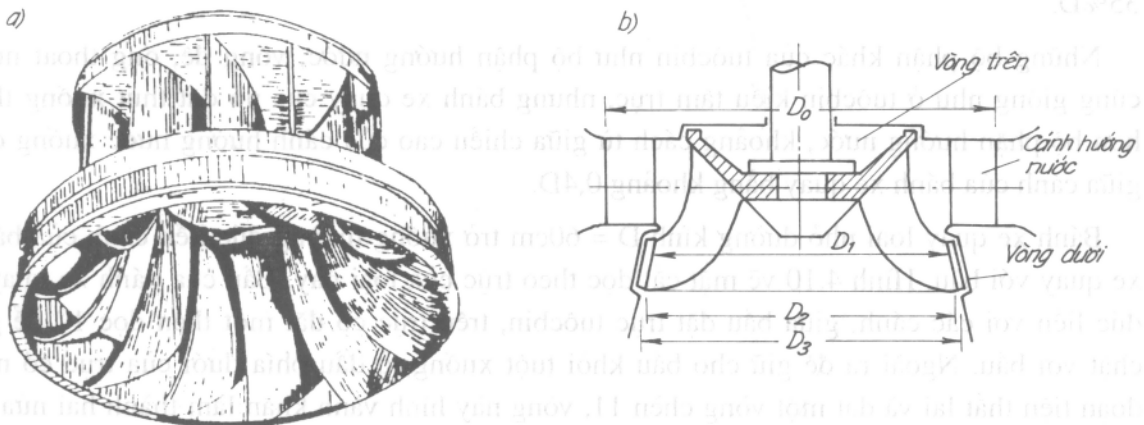
1. Bánh xe quay; 2. Cánh hướng nước; 3. Trục tuôcbin; 4. Vòng điều chỉnh; 5. Thanh truyền nối vòng điều chỉnh đến trục điều chỉnh; 6. Trục điều chỉnh; 7. Ổ tựa của trục điều chỉnh; 8. Ổ giữ hướng trục; 9. Nắp tuôcbin; 10. Vòng đế; 11. Ống thoát nước.

với trục tuốcbin 3 để truyền chuyển động quay đến máy phát điện, xung quanh bánh xe quay có bộ phận hướng nước để điều tiết lưu lượng nước vào bánh xe quay, gồm những cánh hướng nước 2 có thể xoay quanh mỗi trục của nó. Mỗi cánh hướng nước này lại có khớp nối với vòng điều chỉnh 4. Khi kéo cho vòng điều chỉnh xoay đi một góc độ nào đó, nó sẽ kéo theo tất cả các cánh hướng nước cùng xoay để tạo ra độ mở thích hợp tùy theo lưu lượng cần thiết vào bánh xe quay. Vòng điều chỉnh nối với thanh kéo 5 rồi truyền qua một khớp nối đến trục điều chỉnh 6 kéo dài lên bộ phận điều khiển quay tay hoặc tự động đặt trong buồng máy. Nắp tuốcbin 9 giữ cho dòng chảy không đi vào bánh xe quay theo hướng trục tuốcbin mà nhất thiết phải qua các cánh hướng nước. Vòng đế 10 gắn cố định xuống sàn làm giá đỡ cho những bộ phận trên, nó cũng có những lỗ giữ một đầu của các trục cánh hướng nước. Ổ giữ hướng trục 8 giữ cho trục tuốcbin luôn nằm đúng vị trí. Ống thoát 11 dẫn dòng nước sau khi đã qua bánh xe quay xuống hạ lưu.

1. Bánh xe quay

Bánh xe quay là bộ phận chủ yếu của tuốcbin. Mỗi kiểu bánh xe quay chỉ thích hợp với một phạm vi cột nước làm việc nhất định, vì vậy người ta có chế tạo ra một số kiểu như sau:

a) Bánh xe quay kiểu xuyên tâm hướng trục, gọi tắt là tâm trục (còn gọi là kiểu Francis): nó gồm hai vòng bằng gang hoặc bằng thép. Vòng trên hình nón cụt, giữa có lỗ đặt trục tuốcbin, vòng dưới hình vành khăn. Các cánh của bánh xe quay thường bằng thép uốn cong hai chiều, hai đầu các cánh gắn chặt vào hai vòng nói trên.



Hình 4.9: Bánh xe quay kiểu tâm trục (T.T) và các kích thước chính

Dòng chảy dưới tác dụng của cột nước áp lực, sau khi qua bộ phận hướng nước, đi vào giữa các khe của những cánh bánh xe quay, lượn theo chiều cong của nó gây phản lực tác dụng vào các cánh làm quay bánh xe quay. Ngay trong kiểu bánh xe quay này cũng có cấu tạo khác nhau để có những tỉ số vòng quay khác nhau. Điểm khác nhau đó là tỉ số giữa đường kính mép D (có khi kí hiệu là D_1) là đường kính của vòng tròn lớn nhất đi qua mép ngoài của

các cánh ở phía nước vào, với đường kính mép ra D_2 là đường kính của vòng tròn lớn nhất đi qua các mép cánh ở phía nước ra (hình 4.9) $D_2 < D$ là loại quay chậm (tỉ số vòng quay $n_s = 70 \div 125$), $D_2 = D$ là loại quay trung bình (khoảng $n_s = 125 \div 200$), $D_2 > D$ là loại quay nhanh (khoảng $n_s > 200$).

Tuốcbin phản kích kiểu tâm trục có hiệu suất cao, đạt đến $\eta = 0,85$. Hiệu suất cao nhất khi lưu lượng vào bánh xe quay bằng $75 \div 85\%$ lưu lượng lớn nhất của tuốcbin; khi lưu lượng giảm xuống chỉ còn $10 \div 15\%$ lưu lượng lớn nhất thì hiệu suất bằng 0 và tuốcbin không làm việc được nữa. Trị số lưu lượng nước vừa đủ bảo đảm cho tuốcbin quay mà không phát ra công được gọi là lưu lượng chạy không.

Tuốcbin kiểu này làm việc tương đối tốt vì khi lưu lượng giảm, hiệu suất giảm theo tương đối chậm (hình 5.1), phạm vi cột nước áp dụng tương đối lớn. Hiệu suất tuốcbin tương đối cao, rất phù hợp với các trạm thủy điện nhỏ. Nhưng do kết cấu phức tạp nên việc chế tạo khó khăn, hiện nay phần nhiều ta còn phải mua của nước ngoài.

b) Bánh xe quay kiểu chong chóng (C.C). Kiểu này khác với kiểu trên là nó không có vòng hình vành khăn gắn ở đầu phía ngoài các cánh, mà chỉ có một bầu bằng gang, giữa có lỗ đặt trục tuốcbin. Xung quanh bầu có gắn chặt các cánh bằng thép của bánh xe quay, hoặc với loại nhỏ cũng có khi đúc bằng gang liền với bầu. Loại này thường là 4 cánh, nhưng cũng có khi 2 hoặc 6 cánh. Đường kính của vòng tròn đi qua đầu mút ngoài cùng của các cánh gọi là đường kính bánh xe quay D đường kính của bầu d thường bằng khoảng $35\%D$.

Những bộ phận khác của tuốcbin như bộ phận hướng nước, vòng đế, ống thoát nước cũng giống như ở tuốcbin kiểu tâm trục, nhưng bánh xe quay của nó đặt thấp xuống thấp hơn bộ phận hướng nước, khoảng cách từ giữa chiều cao của cánh hướng nước xuống đến giữa cánh của bánh xe quay bằng khoảng $0,4D$.

Bánh xe quay loại nhỏ đường kính $D = 60\text{cm}$ trở xuống thường đúc liền cánh của bánh xe quay với bầu. Hình 4.10 vẽ mặt cắt dọc theo trục của loại này. Bầu của bánh xe quay 2 đúc liền với các cánh, giữa bầu đặt trục tuốcbin, trên trục có đặt một then dọc 10 để giữ chặt với bầu. Ngoài ra để giữ cho bầu khỏi tuột xuống, ở đầu phía dưới của trục có một đoạn tiện thắt lại và đặt một vòng chèn 11, vòng này hình vành khăn làm thành hai nửa để có thể đặt vào khi lắp tuốcbin. Phía dưới bầu đặt chóp dưới 3 để che kín phần bên trong lõi. Bu lông 4 vặn sâu vào một lỗ ren ở đầu trục để giữ chóp. Trên nắp tuốcbin 7 cũng đặt ổ giữ hướng trục 5 giữ cho trục tuốcbin luôn nằm đúng vị trí. Vòng đế 9, vòng điều chỉnh 6 và cánh hướng nước 8 cũng như ở tuốcbin kiểu tâm trục.

Bánh xe quay của tuốcbin chong chóng có đường kính D lớn hơn 60cm thường các cánh đúc rời và gắn vào bầu bằng đinh ốc, như vậy có thể đặt độ nghiêng của cánh theo yêu cầu thiết kế với các trị số: $\varphi = -10^\circ; -5^\circ; 0^\circ; +5^\circ; +10^\circ; +15^\circ$. Với cùng đường kính bánh

xe quay và cột nước làm việc thì với góc nghiêng càng lớn lưu lượng lớn nhất qua tuôcbin càng lớn.

Tuôcbin chong chóng do hiệu suất giảm nhanh khi giảm lưu lượng, nên dùng cho trạm thuỷ điện nhỏ bị hạn chế vì lưu lượng dòng chảy nhỏ hơn lưu lượng thiết kế, hiệu suất tuôcbin sẽ giảm thấp nhiều, thậm chí không làm việc được.

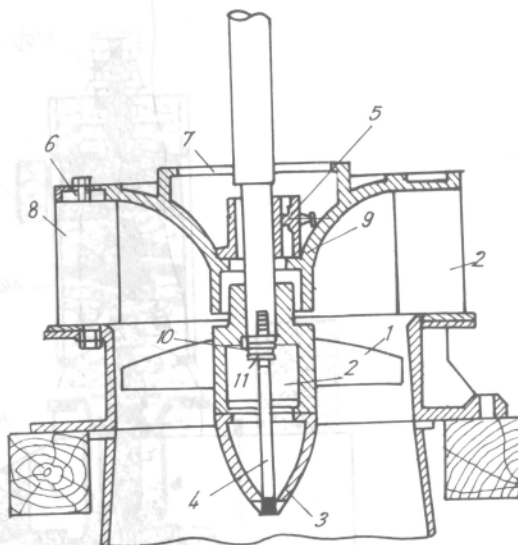
c) Bánh xe quay kiểu cánh quay (còn gọi là kiểu Kaplan). Bánh xe quay kiểu này hình dạng giống như kiểu chong chóng, nhưng các cánh của nó quay được nhờ một bộ phận đặt bên trong bầu, hoạt động nhờ áp lực dầu chuyên từ máy điều chỉnh vòng quay ở trên xuống qua những đường ống dẫn nằm bên trong trục tuôcbin.

Như trên đã thấy với cùng một kích thước, một cột nước tác dụng và một kiểu, tuôcbin chong chóng có những độ nghiêng của cánh bánh xe quay khác nhau sẽ có những trị số lưu lượng lợi nhất (tức là ứng với hiệu suất cao nhất) khác nhau. Do nguyên lí đó, khi lưu lượng qua tuôcbin thay đổi, bánh xe quay kiểu cánh quay có thể thay đổi độ nghiêng của cánh cho phù hợp. Vì vậy tuôcbin cánh quay có đường đặc tính làm việc rất thoải (hình 4.1), vùng hiệu suất cao rất rộng, nó khắc phục được nhược điểm chủ yếu đã nói trên của tuôcbin chong chóng.

Nhưng vì kết cấu phức tạp nên giá thành cao, chỉ dùng ở những trạm có công suất tương đối lớn và có lưu lượng, cột nước hoặc phụ tải thay đổi nhiều.

d) Tuôcbin chảy thẳng. Kiểu này thích hợp với cột nước làm việc rất thấp từ $1 \div 5\text{m}$ với lưu lượng $0,1 \div 3\text{m}^3/\text{s}$.

Trục của ống dẫn, của tuôcbin và của ống thoát nước nằm trên cùng một đường thẳng nên gọi là tuôcbin chảy thẳng. Bánh xe quay của tuôcbin cũng chế tạo theo loại chong chóng hoặc cánh quay. Loại này được chế tạo theo một khối nối với máy phát điện qua hộp chuyển tốc bánh khía. Máy kích từ, máy điều tốc đều được lắp trên trục máy phát điện. Kiểu này có điều kiện thuỷ lực tốt, giảm được kích thước phần dưới nước.



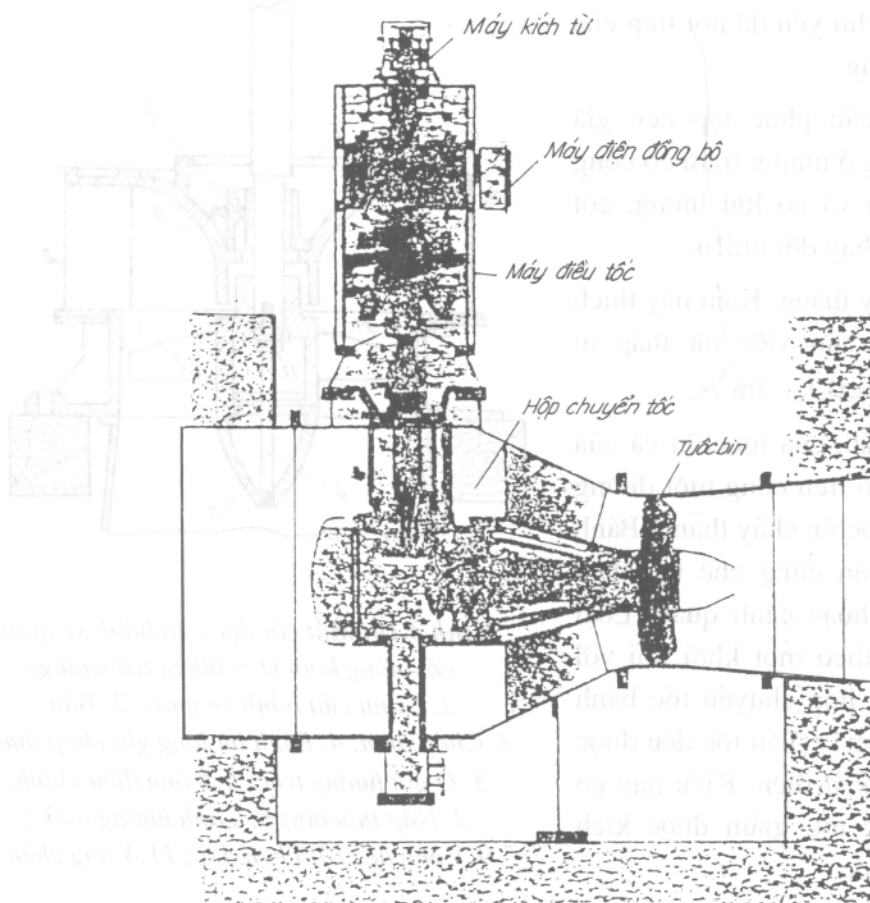
Hình 4.10: Mặt cắt dọc của bánh xe quay có đường kính $D = 60\text{cm}$ trở xuống;

1. Cánh của bánh xe quay; 2. Bầu;
3. Chóp dưới; 4. Đinh bu lông giữ chóp dưới;
5. Ổ giữ hướng trục; 6. Vòng điều chỉnh;
7. Nắp tuôcbin; 8. Cánh hướng nước;
9. Vòng đế; 10. Then dọc; 11. Vòng chèn.

Hình 4.11 giới thiệu một tổ máy kiểu chảy thẳng do hãng Neyrpic và Jeumont - Schneider sản xuất.

2. Bộ phận hướng nước

Nó gồm các cánh hướng nước đặt bao quanh bánh xe quay để có thể đóng mở điều chỉnh lưu lượng vào bánh xe quay cho phù hợp với công suất dòng điện, ngoài ra có tác dụng hướng cho dòng nước đi vào bánh xe quay theo hướng thích hợp. Các cánh hướng nước có tiết diện thuận dòng chảy và gần như hình thoi, mép ngoài cánh tròn, mép trong vát theo hình lưỡi dao để giảm bớt tổn thất thủy lực. Phía trên các cánh hướng nước là nắp tuôcbin để giữ cho dòng chảy nhất thiết phải qua bộ phận hướng nước. Mỗi cánh hướng nước đều có thể xoay quanh một trục của nó, những trục này một đầu được giữ bằng các lỗ ở nắp tuôcbin, còn đầu kia đặt vào các lỗ của vòng đế bao quanh bánh xe quay. Ở mép ngoài của mỗi cánh hướng nước có một khớp nối với vòng điều chỉnh bao ngoài vòng đế. Khi vòng điều chỉnh quay nó sẽ kéo theo tất cả cánh hướng nước cùng xoay nghiêng theo một góc độ để có những độ mở cần thiết hoặc có thể đóng hẳn làm cho tuôcbin ngừng chạy. Ở vòng điều chỉnh làm một tai có lỗ để nối với thanh truyền đến trục điều chỉnh được nối với máy điều tốc quay tay hoặc tự động đặt trên sàn buồng máy (hình 4.12).



Hình 4.11: Tổ máy tuôcbin chảy thẳng do hãng Neyrpic chế tạo

3. Buồng tuốcbin

Tuốcbin phản kích phải nằm ngập trong nước, vì vậy phải có một buồng chứa nước để đặt tuốcbin, gọi là buồng tuốcbin. Tùy theo cột nước của trạm thủy điện cao hay thấp mà có thể áp dụng các kiểu sau đây:

a) Buồng hở (H) ở trạm thủy điện nhỏ, cột nước thấp thường dùng loại buồng hở vì đơn giản, có thể xây bằng đá hoặc bê tông. Hình dạng của buồng như một bể chứa nước hình chữ nhật. Kích thước của buồng tùy theo kích thước, kiểu và cách đặt tuốcbin trực đứng hay nằm ngang. Với tuốcbin tâm trục và chong chóng trục đứng thường làm buồng hình vuông mỗi cạnh bằng: $B = (3,5 \div 4) D_1$.

D_1 - đường kính bánh xe quay.

Trị số trong ngoặc: số nhỏ lấy cho tuốcbin lớn, số lớn cho tuốcbin nhỏ để bảo đảm cho kích thước trong buồng khỏi chật hẹp quá, gây khó khăn cho việc lắp ráp. Cũng để bảo đảm yêu cầu này kích thước của buồng không nên lấy nhỏ hơn $2m \times 2m$.

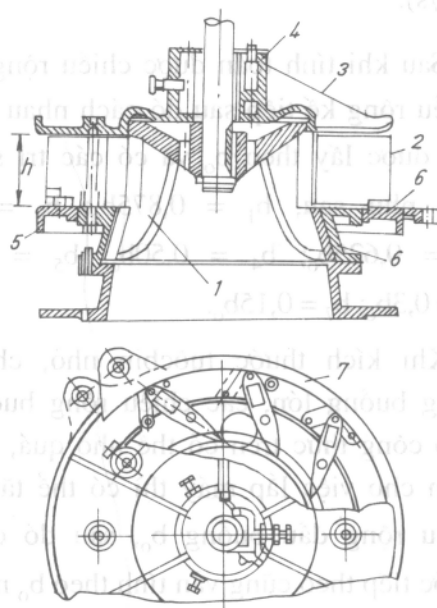
Kiểu buồng chữ nhật nói trên tuy kết cấu đơn giản, nhưng khi làm việc thường phát sinh xoáy nước ở các góc buồng, do đó tăng thêm tổn thất thủy lực làm giảm hiệu suất tuốcbin. Vì vậy, với tuốcbin trục đứng có khi xây buồng tuốcbin theo hình tròn. Nhưng tốt nhất là kiểu buồng hở hình xoắn ốc (hình 4.13): kiểu này làm thu hẹp dần tiết diện buồng xung quanh tuốcbin để cho vận tốc vào xung quanh tuốcbin tương đối đều, do đó giảm bớt tổn thất thủy lực, kích thước mặt bằng của buồng tuốcbin cũng nhỏ hơn kiểu chữ nhật và kiểu tròn, chiều sâu nhỏ nhất trong buồng cũng có thể giảm bớt và tính theo công thức sau:

$$h_{\min} = 0,42 \sqrt[3]{D^2 H} \quad , \quad (m)$$

$h_{\min}$ - chiều sâu nhỏ nhất tính từ đầu trên của cánh hướng nước đến mặt nước trong buồng.

Kích thước của buồng tuốcbin kiểu hở xoắn ốc lấy như hình 4.13.

Vận tốc đi vào của dòng chảy ở tiết diện đầu của buồng (chỗ có chiều rộng là b_0) lấy theo công thức:



Hình 4.12: Bộ phận hướng nước

1. Bánh xe quay; 2. Cánh hướng nước;

3. Nắp tuốcbin; 4. Ổ giữ hướng trục;

5. Vòng điều chỉnh; 6. Vòng đế;

7. Khớp nối cánh hướng nước với vòng điều chỉnh; 8. Đinh bu lông để xê dịch

các tấm điều chỉnh của ổ giữ hướng trục.

$$v_{\text{с}} = (0,5 - 0,7) \sqrt{H} \quad , \quad (\text{m/s})$$

H - cột nước thiết kế của trạm thủy điện (m);

Vây chiều rộng ở tiết diện đầu buồng là:

$$b_0 = \frac{Q}{v_0 h_0}, \quad (\text{m})$$

h_0 - chiều sâu của buồng tuônbin tính toán
với mực nước bình thường trong buồng (m);

Q - lưu lượng thiết kế của một tuốcbin
(m³/s).

Sau khi tính toán được chiều rộng b_0 , các chiều rộng kế tiếp sau đó cách nhau một góc 45° được lấy theo b_0 và có các trị số tương ứng như sau, $b_1 = 0,875b_0$; $b_2 = 0,75b_0$, $b_3 = 0,625b_0$; $b_4 = 0,50b_0$; $b_5 = 0,375b_0$; $b_6 = 0,3b_0$; $b_7 = 0,15b_0$.

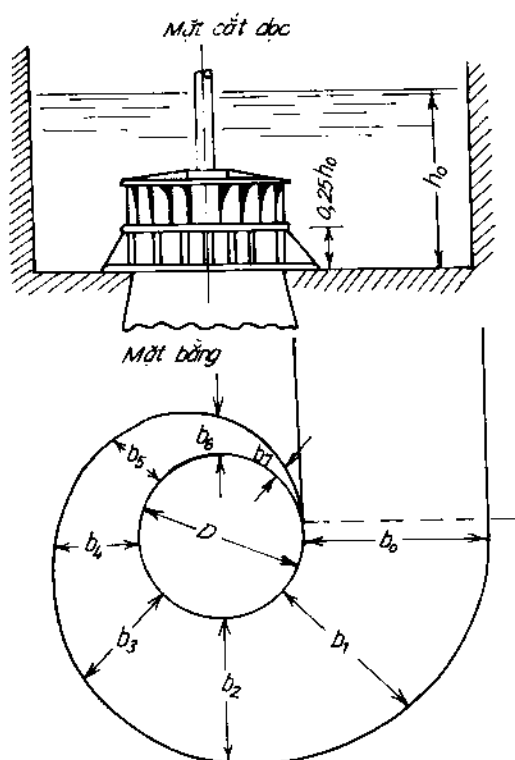
Khi kích thước tuabin nhỏ, chiều sâu trong buồng lớn, các chiều rộng buồng tính theo công thức trên có thể nhỏ quá, gây khó khăn cho việc lắp máy thì có thể tăng thêm chiều rộng đầu buồng b_0 , sau đó các kích thước tiếp theo cũng vẫn tính theo b_0 như trên.

Chiều rộng máng dẫn vào buồng b có thể lấy lớn hơn hoặc bằng chiều rộng b_0 , nếu lớn hơn thì làm một đoạn thành máng xiên, góc xiên lấy $20^\circ \div 30^\circ$.

Buồng hờ thường làm bằng gỗ, đá xây vữa xi măng, bê tông hoặc bê tông cốt thép.

Loại buồng hở thường chỉ dùng với cột nước thấp khoảng $H = 5 \div 6\text{m}$ trở xuống, rất ít khi dùng với cột nước cao hơn, vì nếu làm với cột nước cao thì tường của phần dưới nhà máy phải làm rất dày, khi đó kiểu buồng hở sẽ không lợi về mặt kinh tế.

b) Buồng kín bê tông (B) loại này thường áp dụng cho cột nước khoảng $H = 6 \div 10\text{m}$, xây bằng bê tông hoặc bê tông cốt thép. Cả buồng tuốcbin cùng với ống thoát nước (kiểu thoát nước cong) xây liền một khối với phần chìm dưới nước của nhà máy. Mặt trên buồng bịt kín không cho nước vào phía trên nắp tuốcbin mà chỉ vòng quanh bộ phận hướng nước, như vậy dòng chảy trong buồng là chảy có áp.



Hình 4.13: Buồng tuộc bin kiểu
hở hình xoắn ốc

Tiết diện buồng thu hẹp dần cả chiều rộng lẫn chiều cao để đảm bảo cho vận tốc đi vào xung quanh bộ phận hướng nước đều bằng nhau. Kết cấu cụ thể của buồng như sau:

Góc ôm của buồng tính từ tiết diện đầu buồng O - O đến tiết diện cuối cùng thường lấy vào khoảng $\beta = 135^\circ \div 225^\circ$ và thường các nhà máy chế tạo có ghi đối với mỗi kiểu tuốcbin, hoặc do tính toán kinh tế, kĩ thuật quyết định.

Tiết diện đầu buồng (tiết diện vào) F_0 xác định theo lưu lượng dòng chảy Q_0 qua đó và tính theo công thức:

$$Q_0 = \frac{Q\beta}{360} \quad , \quad (m^3/s)$$

Trong đó:

β - góc ôm của buồng (tính bằng độ);

Q - lưu lượng của một tuốcbin (m^3/s).

Vận tốc trung bình của dòng chảy ở tiết diện này lấy bằng:

$$v_0 = (0,65 \div 1,0) \sqrt{H} \quad , \quad (m/s)$$

H - cột nước tính toán của trạm thủy điện (m).

Trong công thức: hệ số nhỏ lấy khi cột nước lớn, còn hệ số lớn lấy khi cột nước nhỏ.

Từ đó tính được tiết diện đầu buồng:

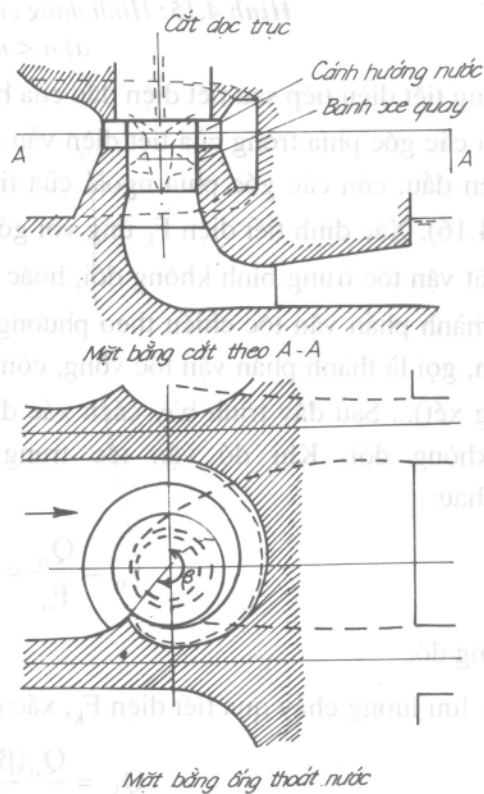
$$F_0 = \frac{Q_0}{v_0} \quad , \quad (m^2)$$

Tiết diện buồng thường lấy như hình 4.15, trong đó có thể lấy kéo dài xuống phía dưới $n < m$ cho đến $n = 0$, kéo dài lên phía trên $m < n$ đến $m = 0$, hoặc $m = n$.

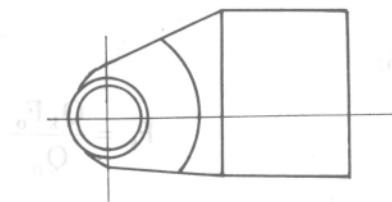
Tỉ số $\frac{B}{a}$ khi $n = 0$, tỉ số $\frac{B-n}{a}$ khi

$m > n$, hoặc tỉ số $\frac{B-m}{a}$ khi $m \leq n$ ở

tiết diện đầu buồng, lấy trong khoảng $1,2 \div 2,0$, thông thường lấy khoảng $1,75 \div 1,85$.

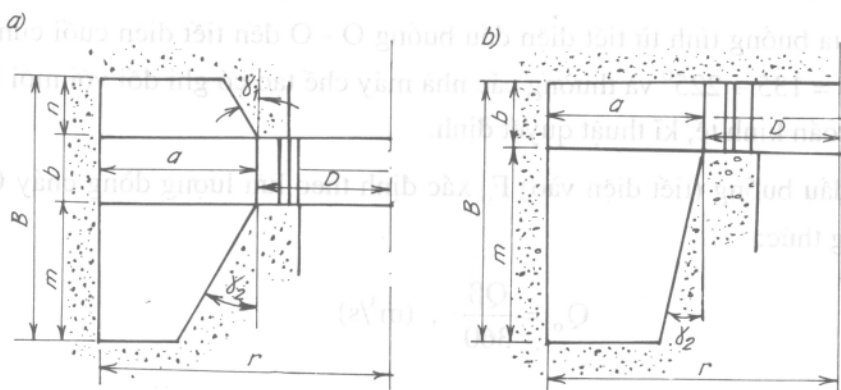


Một bằng ống thoát nước



Hình 4.14: Buồng kín bê tông (kích thước lấy với đường kính bánh xe quay $D = 1$).

Góc γ_1 và γ_2 lấy như sau: γ_1 lấy trong khoảng $20 \div 35^\circ$, thường lấy bằng 30° ; góc γ_2 lấy trong khoảng $20 \div 35^\circ$ khi mà $m \geq n$, $10 \div 20^\circ$ khi mà $m < n$ và $10 \div 15^\circ$ khi $n = 0$.



Hình 4.15: Hình dạng của tiết diện buồng kín bê tông

a) $n < m$; b) $n = 0$.

Những tiết diện tiếp sau tiết diện đầu của buồng cứ thu hẹp dần, thông thường theo phương pháp là các góc phía trong của tiết diện vẫn nằm trên hai cạnh nghiêng với góc γ_1 và γ_2 của tiết diện đầu, còn các góc phía ngoài của tiết diện thì nằm trên hai đoạn thẳng AC và EG (hình 4.16). Xác định tiết diện F_k ứng với góc β_k bất kì có thể theo mấy cách: xác định theo quy luật vận tốc trung bình không đổi, hoặc xác định theo quy luật $V_u r$ không đổi (trong đó V_u là thành phần vận tốc chiếu theo phương tiếp tuyến với vòng tròn có tâm nằm trên trục tuốcbin, gọi là thành phần vận tốc vòng, còn r là khoảng cách từ tâm vòng tròn đó đến điểm ta đang xét)... Sau đây trình bày cách xác định các tiết diện F_k theo quy luật vận tốc trung bình không đổi. Khi đó vận tốc trung bình ở các tiết diện của buồng đều lấy bằng nhau:

$$v_o = \frac{Q_o}{F_o} = \frac{Q_k}{F_k}, \quad (\text{m/s})$$

Trong đó:

Q_k - lưu lượng chảy qua tiết diện F_k , xác định như sau:

$$Q_k = \frac{Q_o(\beta - \beta_k)}{\beta}, \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

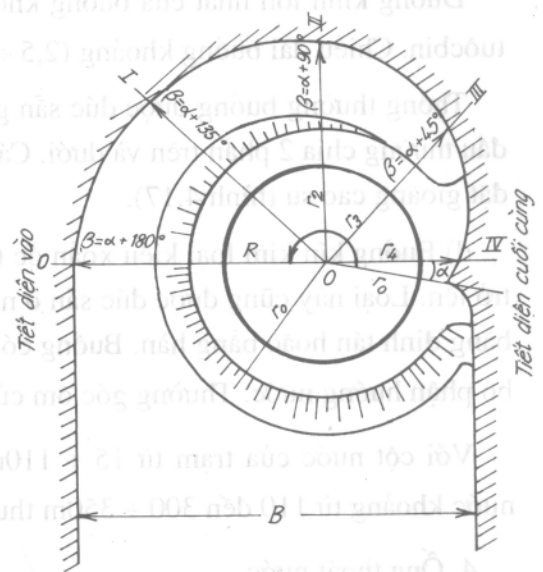
Do đó:

$$F_k = \frac{Q_k F_o}{Q_o} = \frac{Q_o(\beta - \beta_k) F_o}{\beta Q_o} = F_o \frac{\beta - \beta_k}{\beta}, \quad (\text{m}^2)$$

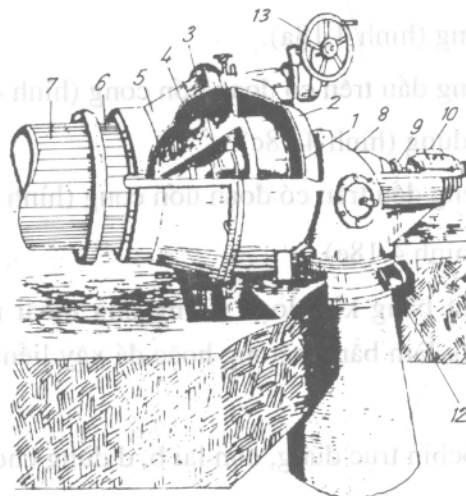
Xác định kích thước toàn bộ buồng trên mặt bằng: chỉ cần từ các tiết diện F_k đó tính ra chiều rộng của tiết diện và do đó tính ra bán kính r_k từ tâm tuốcbin ra đến mép ngoài của tiết diện. Để tiện tính toán thường lập biểu đồ quan hệ $r = f(F)$ và $F = f(\beta)$ (hình 4.16) để có thể dễ dàng tìm ra bán kính r_k ứng với tiết diện F_k bất kì hoặc ngược lại.

Loại buồng này điều kiện thủy lực tốt, chiều cao phân chìm và kích thước nhà máy nhỏ hơn kiểu buồng hở. Nhưng kết cấu phức tạp, khó thi công, nên thường chỉ dùng với tuôcbin trục đứng có kích thước tương đối lớn, đường kính bánh xe quay khoảng 140 cm trở lên.

c) Buồng kín kim loại kiểu chính diện (T): Loại này thường dùng với cột nước tương đối cao khoảng $H = 6 \div 7\text{m}$ đến $25 \div 30\text{m}$. Buồng kiểu này được chế tạo ở nhà máy cơ khí cùng với các bộ phận khác của tuôcbin. Hình dạng của nó giống như một nồi xúpê trong đặt bộ phận hướng nước và bánh xe quay. Kiểu này thường chỉ dùng với tuôcbin tâm trục, trục nằm ngang. Một đầu của buồng nối với ống dẫn nước có áp từ thượng lưu xuống để đưa nước vào buồng tuôcbin, còn đầu kia gắn với ống thoát nước (thường dùng kiểu hình nón thẳng trên có đoạn uốn cong) nối từ vòng để ra để dẫn nước xuống hạ lưu.



Hình 4.16: Sơ đồ xác định các kích thước của tiết diện buồng kín bê tông



Hình 4.17: Tuôcbin tâm trục, buồng kín kim loại kiểu chính diện.

1. Bộ phận hướng nước; 2. Nửa phía cuối của buồng; 3. Nắp tuôcbin; 4. Chóp hình nón để dòng nước vào thuận; 5. Nửa phía đầu của buồng tuôcbin; 6. Đoạn nối tiếp ống dẫn với buồng;
7. Ống dẫn nước vào tuôcbin; 8. Đoạn cong của ống thoát nước; 9. Vòng lót; 10. Ổ tựa đỡ trục tuôcbin; 11. Trục tuôcbin; 12. Vòng để giữ ống thoát nước; 13. Máy điều khiển quay tay.

Đường kính lớn nhất của buồng khoảng $2,8 \div 3,5$ lần đường kính bánh xe quay D_1 của tuốcbin. Chiều dài buồng khoảng $(2,5 \div 3,0) D_1$.

Thông thường buồng được đúc sẵn gồm 2 nửa: nửa phía đầu và nửa phía cuối. Nửa phía đầu thường chia 2 phần trên và dưới. Các phần đó đúc rời và ghép với nhau bằng bu lông có đặt gioăng cao su (hình 4.17).

d) Buồng kín kim loại kiểu xoắn ốc (K): thường dùng với cột nước cao khoảng $H = 15\text{m}$ trở lên. Loại này cũng được đúc sẵn ở nhà máy hoặc làm thành các phần riêng, sau đó ghép bằng đinh tán hoặc bằng hàn. Buồng có dạng xoắn ốc, tiết diện tròn thu nhỏ dần bao quanh bộ phận hướng nước. Thường góc ôm của buồng lấy vào khoảng $\beta = 315^\circ \div 345^\circ$.

Với cột nước của trạm từ $15 \div 110\text{m}$ buồng kiểu này thường bằng gang đúc. Với cột nước khoảng từ 110 đến $300 \div 350\text{m}$ thường làm bằng thép tấm hàn lại.

4. Ống thoát nước

Ống thoát nước của tuốcbin phản kích có tác dụng là dù đặt bánh xe quay cao hơn mực nước hạ lưu, nhưng cột nước phía dưới bánh xe quay vẫn không bị mất tác dụng. Mặt khác nó phục hồi một phần động năng của dòng chảy khi ra khỏi bánh xe quay.

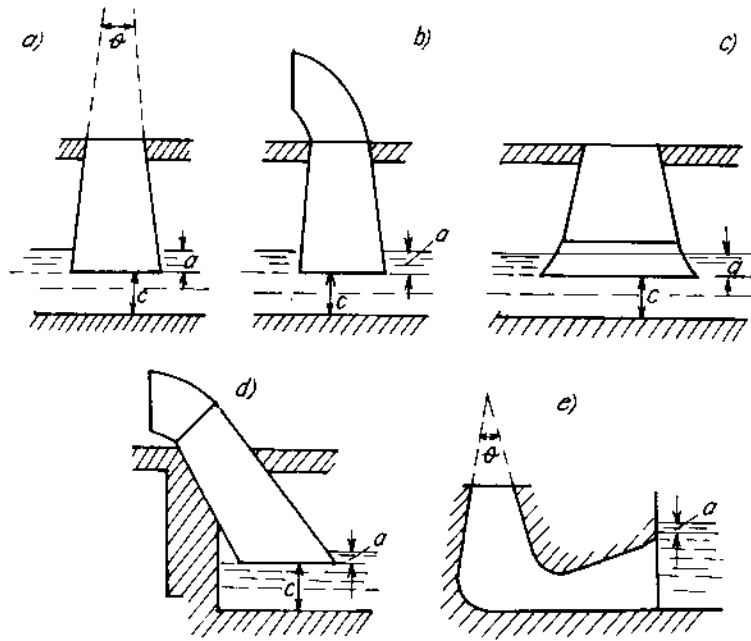
a) Hình dạng và kích thước ống thoát nước: đối với trạm thủy điện nhỏ thường dùng các kiểu ống thoát nước sau:

- Hình nón cụt thẳng đứng (hình 4.18a).
- Hình nón cụt thẳng đứng đầu trên có đoạn uốn cong (hình 4.18b).
- Hình miệng loa thẳng đứng (hình 4.18c).
- Hình nón cụt đặt nghiêng đầu trên có đoạn uốn cong (hình 4.18d).
- Ống thoát nước cong (hình 4.18e).

Các loại trên thường làm bằng kim loại. Riêng ống thoát nước cong cũng có thể làm bằng kim loại, nhưng thường làm bằng bê tông hoặc đá xây liền một khối với phần dưới của nhà máy.

Loại a, c, e dùng cho tuốcbin trục đứng, còn lại b, d dùng cho tuốcbin trục ngang.

Để ngăn ngừa không khí cuốn theo vào ống thoát nước, gây hạ thấp hiệu suất tuốcbin, mặt trên của ống thoát phải lắp thật khít với vòng đế, còn mặt ra của ống phải ngập sâu dưới mặt nước thấp nhất ở hạ lưu một khoảng $a > 0,30\text{m}$. Mặt ra của ống thoát cũng phải cao hơn đáy dưới một khoảng $C = (1 \div 1,5) D_1$ để cho khỏi tăng tổn thất thủy lực, với loại ống hình miệng loa có thể lấy nhỏ hơn, nhưng trị số vẫn không được nhỏ hơn $0,5 D_1$ (D_1 đường kính bánh xe quay của tuốcbin).

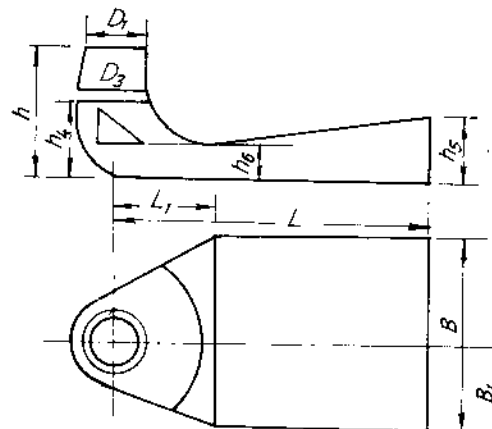


Hình 4.18: Hình dạng các loại ống thoát nước

Ống thoát nước cong có ưu điểm là tăng được chiều dài ống thoát mà không phải tăng độ sâu phần chìm, nhưng kết cấu tương đối phức tạp. Toàn bộ ống thoát gồm 3 phần: phần trên là hình nón cụt thẳng đứng, góc loe thường lấy trong giới hạn $\theta = 12 \div 13^\circ$. Phần khuỷu cong để chuyển dòng chảy từ hướng thẳng đứng sang hướng nằm ngang, tiết diện của phần này thay đổi từ tròn sang chữ nhật. Phần dưới thường có tiết diện chữ nhật có mở rộng dần, có thể chỉ tăng dần chiều cao, góc loe khoảng $\alpha = 10 \div 13^\circ$ hoặc có thể mở rộng tiết diện dần theo cả chiều rộng và chiều cao.

Hình 4.19 và bảng 4.3 ghi các kích thước chính của ống thoát nước cong.

Hình 4.19: Ống thoát nước cong
(D_1 làm đơn vị)



Bảng 4.3

h	h_4	h_5	h_6	D_3	L_1	l	B	B_1
$2 \div 2,4D_1$	$1,25 \div 1,4D_1$	$1 \div 1,2D_1$	$0,62 \div 0,72D_1$	$1,25 \div 1,4D_1$	$1,2 \div 1,55D_1$	$3,5 \div 4,9D_1$	$2,5 \div 2,9D_1$	$\frac{1}{2}B$

5. Xâm thực tuốcbin và chiều cao thoát cho phép của ống thoát nước:

Khoảng cách từ bánh xe quay đến mặt nước hạ lưu không thể lấy tùy ý mà phải hạn chế ở mức độ nhất định, nếu vượt quá giới hạn đó sẽ sinh ra hiện tượng xâm thực làm hư hỏng và hạ thấp hiệu suất tuốcbin.

Do tác hại như vậy nên khi đặt tuốcbin phải giới hạn chiều cao thoát H_s theo các công thức sau:

Tuốcbin chong chóng và cánh quay: $H_s \leq h_s - \frac{\nabla}{900} \text{ (m)}$

Tuốcbin tâm trục, trục đứng: $H_s \leq h_s - \frac{\nabla}{900} - \frac{b_o}{2} \text{ (m)}$

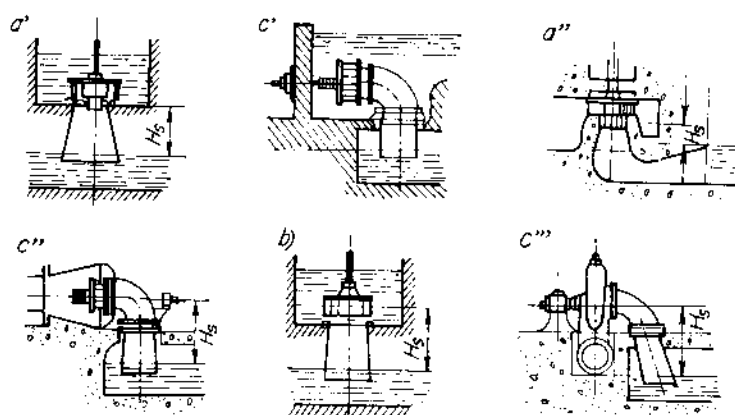
Tuốcbin tâm trục, trục ngang: $H_s \leq h_s - \frac{\nabla}{900} - \frac{D}{2} \text{ (m)}$

Trong đó: b_o - chiều cao cánh hướng nước;

D - đường kính bánh xe quay;

h_s - trị số tra theo biểu đồ hình 4.21;

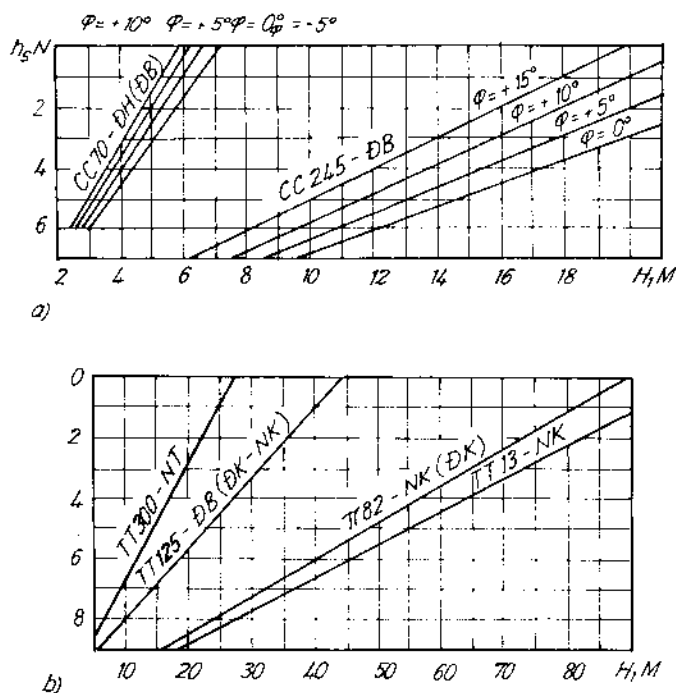
∇ - cao trình đặt bánh xe quay so với mặt biển.



Hình 4.20: Tính chiều cao H_s của các loại tuốcbin

a) Tuốcbin chong chóng và cánh quay; b) Tuốcbin tâm trục, trục đứng;

c) Tuốcbin tâm trục, trục ngang.



Hình 4.21: Biểu đồ tính trị số N theo cột nước H (m)

4.4. CHỌN TUỐCBIN CHO TRẠM THUỶ ĐIỆN NHỎ

1. *Chọn số lượng tuốcbin:* Ở các trạm thủy điện nhỏ thường đặt một, hai hoặc ba tuốcbin ít khi đặt nhiều hơn. Phổ biến là đặt hai để có lợi cho việc vận hành. Đặt một tuốcbin thì giá thành rẻ, vận hành đơn giản, kích thước mặt bằng cũng hẹp hơn. Nhưng khó bảo đảm cho trạm làm việc được liên tục, khi có sự cố hoặc cần sửa chữa thì trạm phải ngừng làm việc hoàn toàn. Đặt hai, ba tuốcbin thì kích thước mỗi tổ máy nhỏ hơn, do đó trọng lượng nhỏ hơn, việc lắp ráp sửa chữa dễ dàng hơn. Hơn nữa vùng làm việc đảm bảo có hiệu suất cao hơn vì khi trạm làm việc với lưu lượng từ 50% lưu lượng lớn nhất trở xuống thì chỉ cho một tuốcbin làm việc. Trong trường hợp này nếu trạm chỉ đặt một tuốcbin thì hiệu suất có thể hạ thấp rất nhiều.

2. *Chọn kiểu và kích thước tuốcbin:* Chọn kiểu tuốcbin căn cứ vào công suất tuốcbin và cột nước làm việc. Trước hết tính công suất của một tuốcbin:

$$N_T = \frac{N_{tr}}{m}$$

Trong đó:

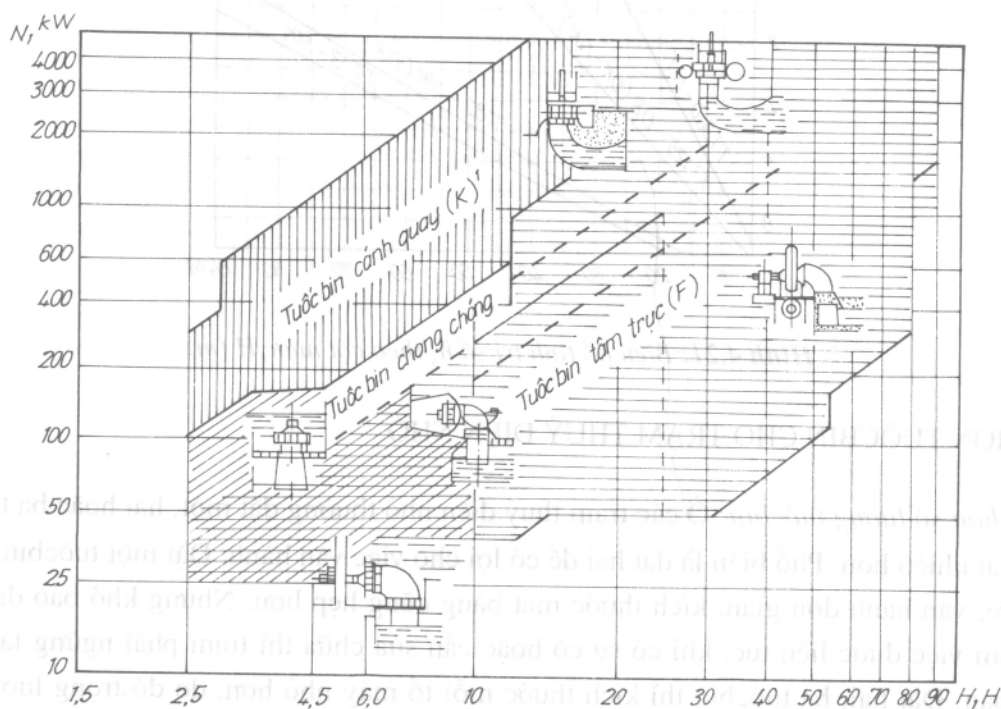
N_{tr} - công suất trạm, $N_{tr} = 9,81 \text{ Qh}\eta$ (kW);

Q, H - lưu lượng và cột nước thiết kế của trạm (m^3/s và m);

η - hiệu suất tuốcbin lấy sơ bộ bằng $0,70 \div 0,85$;

m - số tuốcbin lựa chọn cho trạm.

Khi chọn kiểu tuốcbin ta đưa vào biểu đồ 4.22 để tìm vùng công tác của tuốcbin. Đặt trị số công suất của tuốcbin lên trục tung, trị số cột nước thiết kế lên trục hoành, ta tìm được giao điểm của 2 đường dóng này, nằm trong vùng nào thì chọn kiểu tuốcbin ghi ở vùng ấy. Nếu giao điểm nằm trong 2 vùng chồng nhau, có thể chọn 2 kiểu tuốcbin rồi đem so sánh và chọn ra 1 kiểu hợp lí nhất về kĩ thuật và kinh tế.



Hình 4.22: Biểu đồ xác định phạm vi sử dụng của mỗi kiểu tuốcbin

3. **Định đường kính tuốcbin và số vòng quay của nó:** Có thể dựa vào biểu đồ riêng của từng kiểu tuốcbin hoặc tra bảng cho từng kiểu do nhà máy chế tạo cung cấp. Như vậy kích thước mà ta chọn là phù hợp với kích thước của nhà máy đã sản xuất các kiểu tuốcbin đó.

4. **Ví dụ chọn kiểu và kích thước tuốcbin:** Chọn tuốcbin cho trạm thủy điện Khuổi Nậm có cột nước thiết kế $H_{tk} = 5\text{m}$, lưu lượng thiết kế $Q = 2,2\text{m}^3/\text{s}$. Trạm đặt 2 tuốcbin.

Chọn loại tuốcbin. Tính công suất của trạm theo công thức:

$$N_{tr} = 9,81 \times Q \cdot H \eta = 9,81 \times 2,2 \times 5 \times 0,8 = 89,2\text{kW}$$

Công suất của mỗi tuốcbin:
$$N_T = \frac{N_{tr}}{m} = \frac{89,2}{2} = 44,6 \text{ kW}$$

Dùng trị số cột nước và công suất tuốcbin tra vào biểu đồ hình 4.22 ta định được kiểu tuốcbin chong chống trục đứng đặt trong buồng hở CC70-ĐH, hoặc tuốcbin tâm trục, trục ngang buồng hở TT300-NH.

Chọn đường kính và số vòng quay của tuốcbin dựa vào bảng tra 4.4 được tuốcbin chong chống có $\varphi = 0^\circ$ đường kính bánh xe quay $D = 60\text{cm}$, số vòng quay $n = 580$ vòng/phút:

CC70 - ĐH60 với $n = 580\text{v/f}$.

Dựa vào bảng 4.5 tra được đường kính bánh xe quay D , số vòng quay n và công suất N của tuốcbin TT300-NH căn cứ vào cột nước và lưu lượng thiết kế của tuốcbin. Ta có: $D = 59\text{cm}$ và $n = 297\text{v/ph}$.

Nếu dùng biểu đồ riêng của tuốcbin CC70 - ĐH, dựa vào $H_{ik} = 5\text{m}$ và $N_T = 44,6\text{kW}$ ta tìm được giao điểm 2 đường dóng rơi vào ô có $n = 600\text{v/ph}$ và $D = 60\text{cm}$. Kết quả của hai cách tra bảng đều giống nhau và ta chọn loại tuốcbin CC70 - ĐH60 với $n = 600\text{v/ph}$. Ta không chọn TT300-NH59 với $n = 297 \text{ v/ph}$ vì số vòng quay nhỏ, tỉ số truyền lực sẽ lớn khi nối trục tuốcbin với trục máy phát điện.

Bảng 4.4. Các trị số kĩ thuật của tuốcbin CC70-ĐH

D(cm)	H(m)	$\varphi = + 10^\circ$			$\varphi = + 5^\circ$			$\varphi = 0^\circ$			$\varphi = - 5^\circ$		
		N	Q	n	N	Q	n	N	Q	n	N	Q	n
60	2,5	22,3	1,10	380	20,8	1,02	395	18,1	0,87	410	14,45	0,74	435
	3,0	29,3	1,21	415	27,4	1,11	438	23,8	0,95	450	20,3	0,81	476
	3,5	37,0	1,31	450	34,5	1,21	468	30,0	1,02	486	25,6	0,88	515
	4,0	45,3	1,40	480	42,2	1,29	500	36,6	1,10	520	31,3	0,94	550
	4,5	53,9	1,48	510	50,4	1,37	530	43,7	1,16	550	37,4	1,00	585
	5,0	63,0	1,56	536	59,0	1,44	558	51,3	1,22	580	43,6	1,05	615
80	2,5	40,3	1,98	293	37,5	1,82	300	32,6	1,55	308	28,0	1,33	324
	3,0	53,0	2,16	320	49,4	1,99	329	42,8	1,70	338	36,8	1,45	355
	3,5	66,7	2,34	346	62,1	2,15	355	54,0	1,83	365	46,5	1,57	384
	4,0	81,6	2,50	370	76,0	2,30	380	66,0	1,96	390	56,7	1,68	420
	4,5	97,4	2,65	393	90,5	2,44	403	78,8	2,08	414	67,6	1,78	435
	5,0	114,0	2,80	414	106,0	2,57	425	92,0	2,20	436	79,0	1,87	457

D(cm)	H(m)	$\varphi = + 10^\circ$			$\varphi = + 5^\circ$			$\varphi = 0''$			$\varphi = - 5''$		
		N	Q	n	N	Q	n	N	Q	n	N	Q	n
100	2,5	63,5	3,10	229	59,6	2,86	237	51,8	2,45	245	44,3	2,09	2,61
	3,0	83,5	3,39	251	78,5	3,14	260	67,9	2,68	268	58,0	2,28	286
	3,5	105,0	3,66	272	99,0	3,38	281	85,7	2,90	290	73,3	2,47	309
	4,0	129,0	3,92	290	121,0	3,62	300	104,9	3,10	310	89,6	2,64	330
	4,5	153,0	4,15	308	144,0	3,84	318	125,0	3,29	329	106,8	2,80	350
	5,0	180,0	4,38	324	169,0	4,05	336	146,5	3,46	346	125,0	2,95	369
120	2,5	9,25	4,48	193	87,5	4,10	159	74,6	3,51	206	64,0	3,00	220
	3,0	121,2	4,90	211	112,9	4,50	218	98,0	3,84	225	84,0	3,29	240
	3,5	153,0	5,29	228	142,0	4,86	236	124,0	4,15	244	106,0	3,56	260
	4,0	187,0	5,66	244	174,0	5,20	252	151,3	4,44	260	129,6	3,80	278

Bảng 4.5. Các trị số kĩ thuật của tuốcbin TT300-NH

D(cm)	59			71			84		
H(m)	N	Q	n	N	Q	n	N	Q	n
4,5	38,2	1,02	282	55,1	1,45	235	78,2	2,05	199
5,0	44,7	1,07	297	64,5	1,53	248	91,7	2,17	210
5,5	51,5	1,12	311	74,4	1,60	260	105,8	2,27	220
6,0	58,8	1,17	325	84,6	1,67	272	120,5	2,38	230

4.5. CÁC THIẾT BỊ PHỤ TRỢ TRONG TRẠM THỦY ĐIỆN NHỎ

4.5.1. Máy điều chỉnh số vòng quay (máy điều tốc)

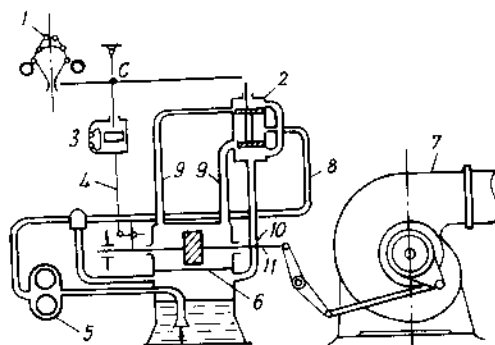
Để điều khiển bộ phận hướng nước phải có một thiết bị đặt trên sàn buồng máy gọi là máy điều tốc của tuốcbin.

Máy điều tốc có loại quay tay, loại tự động. Ở trạm thủy điện nhỏ thường gặp mấy kiểu sau đây:

1. *Máy điều tốc quay tay*: Máy này gồm một hệ thống tay đòn nối với vòng điều chỉnh của bộ phận hướng nước. Trục điều chỉnh xuyên qua sàn buồng máy nối với một trụ điều khiển quay tay. Kết cấu xem hình 8.4.

2. *Máy điều tốc tự động gián tiếp*: Nguyên tắc làm việc của máy điều tốc tự động gián tiếp như sau: Khi công suất dùng điện nhỏ hơn công suất tuốcbin, số vòng quay tăng nhanh

vượt quá quy định. Quả tạ li tâm 1 nâng lên, hệ thống đòn bẩy đẩy pittông kép của hộp phối dầu 2 hạ xuống. Dầu có áp từ ống 8 đưa đến sẽ đi theo ống 9 vào mặt bên phải của pittông ở động cơ tiếp lực 6 còn dầu ở phía pittông kia thì theo ống 10 để đi xuống thùng đựng dầu. Do đẩy pittông của động cơ tiếp lực chuyển dịch từ phải sang trái, trục 11 sẽ kéo cho bộ phận hướng nước đóng lại.



Hình 4.23: Sơ đồ máy điều tốc kiểu liên tục

1. Quả tạ li tâm; 2. Hộp điều phối dầu; 3. Hộp hoãn xung; 4. Thanh nối; 5. Bơm; 6. Động cơ tiếp lực; 7. Tuốcbin; 8. Ống cấp dầu cho hộp phối dầu.

Ngược lại, khi công suất dùng điện lớn hơn công suất tuốcbin, số vòng quay giảm, quả tạ li tâm hạ xuống, pittông kép của hộp phối dầu nâng lên, dầu có áp từ ống 8 lại qua hộp phối dầu vào mặt trái pittông của động cơ tiếp lực. Quá trình diễn biến ngược lại với quá trình trên.

Ở các trạm nhỏ thường dùng máy điều tốc gián tiếp kiểu liên tục mà hoạt động của quả tạ li tâm bằng động cơ điện của Nga kiểu ПЗ - 150. Con số sau cùng chỉ khả năng hoạt động của máy tính bằng daNm.

3. *Chọn máy điều tốc:* Dựa vào công suất tối đa ($N_{\max}$) và cột nước làm việc lớn nhất của tuốcbin để tính công điều khiển bộ phận hướng nước của máy điều tốc sản ra:

$$A = \frac{KN_{\max}}{\sqrt{H_{\max}}} \quad , \quad (\text{daNm})$$

$H_{\max}$ - cột nước lớn nhất (m);

$N_{\max}$ - công suất làm việc lớn nhất của tuốcbin (kW);

k - hệ số lấy bằng 3 ÷ 4.

4.5.2. Các hệ thống dầu, cấp nước, hơi ép của trạm thủy điện nhỏ

1. *Hệ thống dầu:* Đối với các tuốcbin công suất rất nhỏ, cột nước thấp, các ổ bi, ổ đỡ của tuốcbin và máy phát điện có thể chỉ đặt trong hộp đựng dầu mà không cần hệ thống dầu lưu động hoặc hệ thống dẫn nước làm lạnh. Nhưng đối với tuốcbin công suất không nhỏ lắm,

nhất là khi cột nước tương đối cao, phải có hệ thống dầu làm trơn và làm lạnh các máy móc, thiết bị trong nhà máy và ngoài ra còn để cung cấp cho thiết bị máy điều tốc.

Hệ thống dầu thông thường gồm có thùng chứa dầu sạch để cung cấp dầu cho tổ máy, các ống dẫn dầu vào các tổ máy, các ống dẫn dầu ra, thùng chứa dầu đã bẩn sau khi qua các thiết bị và máy bơm dầu, lọc dầu...

Ở các tổ máy nhỏ việc chuyển dầu có thể dùng bơm tay. Lọc dầu đã bẩn sau khi chảy qua các thiết bị có thể dùng máy thấm áp lực, đẩy dầu dưới áp lực $4 \div 7$ atm qua các lớp lọc bằng các tông, dạ, vải.

2. *Hệ thống cấp nước và thoát nước*: hệ thống này gồm có thiết bị cấp nước kĩ thuật, thiết bị nước phòng hoả, thiết bị thoát nước trong nhà máy.

Yêu cầu nước làm lạnh phải xác định bằng tính toán. Để làm lạnh hộp dầu của tổ máy phải có một lưu lượng nước từ $0,2 \div 5 \text{ m}^3/\text{h}$ tùy theo kiểu và công suất máy phát điện, thường có ghi trong các bảng tra máy phát điện.

Lưu lượng nước qua các ổ trục của tuốcbin làm trơn bằng nước có thể xác định sơ bộ theo công thức:

$$Q = 1,5Hd^3 \text{ (l/s)}$$

Trong đó:

H - cột nước tác dụng của dòng chảy vào ổ trục (m);

d - đường kính ổ trục (m).

Lưu lượng làm lạnh máy điều tốc có thể lấy từ 0,2 đến 0,35 l/s. Máy tạo hơi ép với áp lực $6 \div 8$ atm phải có lưu lượng nước làm lạnh từ $2 \div 2,5$ l/ph cho 1 m^3 hơi sản ra khi nhiệt độ đi vào máy $12 \div 16^\circ$ và ra khỏi máy là $20 \div 25^\circ$.

Nước phòng hỏa thường quy định hai vòi phun, mỗi vòi có lưu lượng 5 l/s. Số máy bơm dùng cho hệ thống nước ít nhất là hai (một chạy, một dự trữ). Đường kính ống dẫn nước chọn theo vận tốc dòng chảy cho phép trong ống và lấy bằng $0,8 \div 1,5 \text{ m/s}$ với đường ống hút và $1 \div 2 \text{ m/s}$ với đường ống đẩy. Khi chọn đường kính ống phải kiểm tra tổn thất cột nước đến chỗ xa nhất của hệ thống. Ở trạm thủy điện cột nước cao, nước lấy ngay từ thượng lưu hoặc trong ống dẫn nước vào nhà máy. Nước được lọc qua ở bể lắng và sau đó cho lọc qua màng lọc.

Ở trạm cột nước thấp, không đủ cột nước đưa vào hệ thống thì phải dùng máy bơm lấy nước ở thượng lưu hoặc ở buồng tuốcbin.

Đối với trạm thủy điện nhỏ yêu cầu nước kĩ thuật không nhiều. Thường không cần dùng hệ thống cấp nước mà chỉ dùng các ống dẫn tự cấp nước của mỗi tổ máy riêng biệt. Trường hợp này lấy nước từ ống dẫn của tuốcbin, cho chảy qua màng lọc rồi đưa vào làm trơn ổ giữa hướng trục và làm lạnh các ổ bi, ổ tựa khác. Để lọc nước liên tục thường đặt hai ống lọc (1 dự trữ, 1 làm việc).

3. *Hệ thống hơi ép*: để cung cấp cho thùng dầu hơi ép của máy điều tốc kiểu thùng dầu có áp để hãm máy.

Máy hơi ép trực tiếp cung cấp cho thùng dầu ép hơi của máy điều tốc và thùng chứa hơi ép qua van thu nước. Thể tích thùng chứa hơi ép (1m^3) định theo áp lực hạ thấp cho phép trong thùng từ $7 \div 5\text{atm}$ khi máy hãm của cả 2 tổ máy cùng làm việc. Lưu lượng không khí yêu cầu cho máy hãm khí áp lực 70 N/cm^2 là $0,5\text{ l/s}$, thời gian hãm kéo dài 3 phút.

4. *Thiết bị nâng*: Ở trạm thủy điện để lắp ráp các thiết bị như tuốcbin và máy phát điện cần có thiết bị nâng. Đối với tổ máy nhỏ có trọng lượng nhẹ thường dùng ròng rọc, tời hoặc palăng quay tay. Đối với các tổ máy lớn hơn thì phải dùng palăng điện, cần trục điều khiển bằng tay; nếu tổ máy lớn hơn nữa thì dùng cần trục điện có lực nâng khác nhau.

4.6. NỐI TUÔCBIN VỚI MÁY PHÁT ĐIỆN

1. Các loại truyền động

Cách truyền động tốt nhất từ tuốcbin đến máy phát điện là nối trực tiếp trục tuốcbin với trục máy phát điện. Muốn vậy số vòng quay của tuốcbin và của máy phát điện phải bằng nhau.

Trường hợp không nối trực tiếp với máy phát điện được thì phải dùng các thiết bị truyền động. Ở trạm thủy điện nhỏ thường dùng bánh xe răng khứa, dây truyền phẳng và dây truyền mặt cắt hình thang.

Dùng bánh xe răng khứa công kênh, chế tạo khó, hiệu suất thấp, số lần truyền nhỏ nên cũng ít dùng. Còn loại dây truyền phẳng và dây truyền hình thang do có hiệu suất lớn, số lần truyền lớn ($i = 5 \div 10$) nên được dùng nhiều hơn. Cách tính toán hai loại dây truyền này tương tự nhau. Dưới đây xin giới thiệu cách tính toán và lựa chọn dây truyền mặt cắt hình thang.

2. Dây truyền có mặt cắt hình thang

Loại này thường dùng để nối tuốcbin trực đứng với máy phát điện trục đứng, hoặc tuốcbin và máy phát điện cùng trục ngang có công suất tương đối lớn. Nếu dùng dây truyền phẳng thì chiều rộng dây và khoảng cách giữa hai trục có thể lớn quá. Mặt khác loại dây này có thể dùng với tổ số truyền động lớn $i = 7 \div 10$.

Dây truyền hình thang cũng có nhược điểm bị mòn nhanh nên dây chóng bị đứt, giá thành chế tạo bánh xe truyền có rãnh đất và chỉ có chế tạo bằng kim loại.

Nguyên tắc làm việc cũng như dây truyền phẳng, nhưng nó không đặt một dây mà gồm nhiều dây nhỏ có mặt cắt hình thang, đặt chìm vào các rãnh cũng có mặt cắt hình thang trên bánh xe truyền. Vì vậy dây bám vào bánh xe chặt hơn, cho nên có thể dùng truyền động ở tuốcbin và máy phát điện cùng trục đứng.

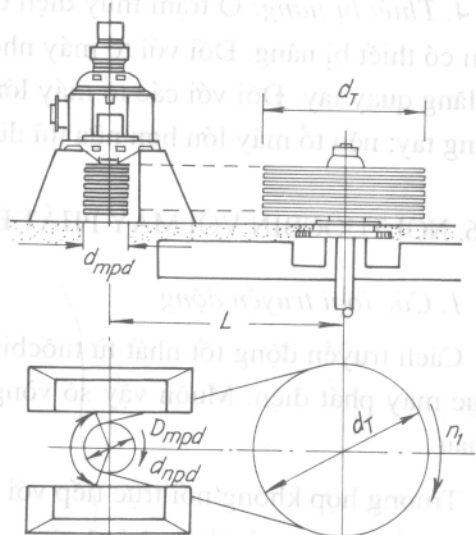
Hiệu suất của loại này đạt tới $\eta_{tr} = 0,96$, thông thường $\eta_{tr} = 0,90 \div 0,94$.

Tỉ số giữa đường kính của hai bánh xe truyền tính theo công thức $i = \frac{n_{mfd}}{n_T} = \frac{d_T}{d_{mf}}$; nhưng ở đây dây truyền đặt chìm vào rãnh bánh xe truyền nên đường kính bánh xe truyền trong công thức tính theo vòng tròn đi qua đường tim của chiều dày dây (đường kính d trên hình 4.24).

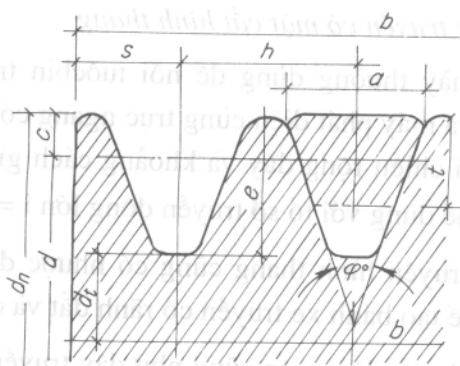
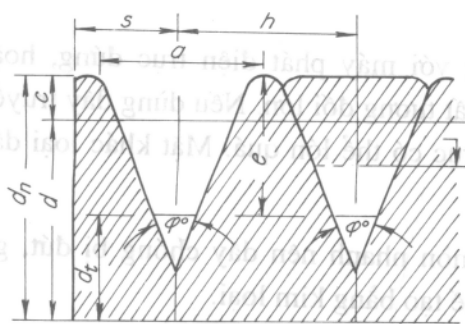
Tỉ số giữa đường kính bánh xe truyền nhỏ với chiều dày dây không nên lấy nhỏ quá vì như vậy dây bị uốn vòng nhỏ quá, các thớ chịu kéo không đều, ứng suất cho phép của dây sẽ bị giảm và dây sẽ chóng hỏng. Thường chọn sao cho tỉ số này vào khoảng:

$$\frac{d}{t} \approx 27$$

Loại dây này cũng được chế tạo sẵn và làm thành từng vòng liên, chứ không phải nối đầu dây như dây truyền phẳng. Theo quy cách chế tạo của Nga thường dùng ba loại B, Γ và Δ ghi trong bảng 4.6, trong đó ghi chiều rộng phía ngoài của dây a , chiều dày dây t và góc φ° của tiết diện dây (hình 4.25).



Hình 4.24: Đặt dây truyền có mặt cắt hình thang



Hình 4.25: Mặt cắt ngang của bánh xe truyền và vị trí đặt dây truyền có mặt cắt hình thang

Bảng 4.6. Quy cách dây truyền có mặt cắt hình thang

Kiểu dây truyền	Kích thước của tiết diện dây			Chiều dài của dây (tính theo trục giữa dây), khi chiều dài mặt trong của nó bằng (mm)				Công suất làm việc (gần đúng) (kW)
	a (mm)	t (mm)	φ°	3500	4500	6300	8000	
B	22	13,5	40	3594	4544	6344	4408	35
Γ	32	19,0	40	3610	4560	6360	8060	trở xuống 86
$\perp$	38	23,5	40		4574	6374	8070	trở xuống trên 80

Khoảng cách giữa tâm của hai bánh xe truyền L ở loại này có thể lấy nhỏ hơn ở đây truyền phẳng, nhưng không nhỏ hơn trị số sau:

$$L_{\min} = \frac{d_T + d_{\text{mpđ}}}{2} + 3h$$

Trong đó:

h - trị số tính theo bảng 4.9 và hình 4.25.

Mặt khác khoảng cách L cũng không nên lấy lớn hơn trị số:

$$L_{\max} = 2(d_T + d_{\text{mpđ}})$$

Vận tốc truyền động của dây truyền tính theo công thức:

$$v = \frac{\pi d_T n_T}{60} = \frac{\pi d_{\text{mf}} n_{\text{mf}}}{60} < V_{\max}, \quad (\text{m/s})$$

$$5 \text{ m/s} < v < 25 \text{ m/s}$$

Công suất cho phép của mỗi dây truyền tính theo công thức:

$$N_g = k_1 k_2 N_o, \quad (\text{kW})$$

Trong đó:

k_1 - hệ số tính đến điều kiện thay đổi của phụ tải, với trạm nhỏ thường lấy $k_1 = 0,90$.

k_2 - hệ số phụ thuộc góc ôm α của dây đối với bánh xe truyền nhỏ lấy theo bảng 4.7, góc ôm α tính theo công thức:

$$\alpha^\circ = 180^\circ - \frac{(d_T - d_{\text{mfd}})60}{L}$$

N_o - công suất cho phép của dây truyền khi bỏ qua các hệ số k_1, k_2 nói trên, trị số này phụ thuộc vào kiểu dây truyền và vận tốc chuyển động của nó, lấy theo bảng 4.8.

Bảng 4.7. Hệ số k_2

Góc ôm (tính bằng độ)	180	170	160	150	140	130	120	110	100
Hệ số k_2	1,0	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76

Bảng 4.8. Công suất N_o (kW) của mỗi dây truyền

Kiểu dây truyền	Công suất N_o (kW) của một dây truyền khi vận tốc chuyển động của dây (m/s) bằng									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
B	0,3	0,1	3,8	4,4	4,9	5,4	5,9	6,2	6,4	6,5
Г	4,8	6,3	7,8	8,0	10,3	11,2	12,2	12,8	13,2	13,4
Л	7,1	8,2	11,3	13,2	14,9	16,2	17,6	18,5	19,3	19,3

Như vậy số dây truyền cần thiết cho mỗi tuốcbin:

$$z = \frac{N_T}{N_g} = \frac{N_T}{k_1 k_2 N_o}$$

Trong đó:

N_T - công suất làm việc lớn nhất của tuốcbin (kW).

Bánh xe truyền loại này cũng đúc sẵn theo quy cách với các đường kính khác nhau và những kiểu dây khác nhau. Quy cách bánh xe truyền theo bảng 4.9 và hình 4.25.

Bảng 4.9. Quy cách của bánh xe truyền đặt dây có mặt cắt hình thang

Kiểu dây truyền	Kích thước chi tiết (mm)				Góc φ° của rãnh đặt dây khi đường kính của bánh xe truyền bằng d (mm)										
	c	e	h	S	200	250	315	400	500	630	710	800	1000	1250	1600
B	7	22	27	18	34	36	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Г	9	30	38	23	-	-	34	36	38	40	40	40	40	40	40
Л	12	36	44	26	34	-	-	-	34	34	36	38	40	40	40

Đường kính của bánh xe truyền trong bảng là đường kính của vòng tròn đi qua đường tim của chiều dày dây truyền.

Đường kính ngoài cùng d_n và đường kính trong cùng d_t của bánh xe truyền (hình 4.25) bằng:

$$d_n = d + 2e$$

$$d_t = d_n - 2e$$

Chiều rộng của bánh xe truyền sẽ là:

$$b = (z - 1)h + 2S$$

Chiều dài toàn bộ dây truyền có thể tính sơ bộ theo công thức:

$$l = 2L + 1,57 (d_T + d_{mpd}) + \frac{(d_T + d_{mpd})^2}{4L}$$

Trong đó:

L - khoảng cách giữa tâm của hai bánh xe truyền. Nhưng loại dây này đã chế tạo sẵn thành từng vòng, do đó phải chọn chiều dài dây theo loại có sẵn (bảng 4.6), từ đó tính lại chính xác khoảng cách giữa tâm của hai bánh xe truyền theo công thức:

$$L = A + \sqrt{A^2 - B}$$

Trong đó:

$$A = \frac{1}{4} - 0,393(d_T + d_{mpd})$$

$$B = 0,126(d_T - d_{mpd})^2$$

Dây truyền phải nằm khớp vào rãnh bánh xe, không lỏng quá hoặc chặt quá. Như vậy hai mép bên của dây mới tiếp xúc đầy đủ với bánh xe truyền làm tăng ma sát giữa dây với bánh xe truyền, nhờ thế mới đạt được hiệu suất truyền lớn.

4.7. MÁY PHÁT ĐIỆN VÀ MÁY BIẾN ÁP

4.7.1. Máy phát điện của trạm thủy điện

Máy phát điện của trạm thủy điện loại nhỏ khi lựa chọn phải dựa vào công suất, tốc độ quay, điện áp, kiểu đứng hay ngang... đồng thời phải kết hợp với sản xuất hàng loạt các sản phẩm hiện có ở trong nước.

1. Công suất và số lượng máy: Căn cứ vào tình hình thủy năng của trạm tính ra công suất toàn trạm và số tổ máy rồi xác định công suất mỗi tuốcbin P_T . Như vậy sẽ tính được công suất của máy phát điện P_{mf} (kW) như sau:

$$P_{mf} = P_T \cdot \eta_1 \cdot \eta_2$$

Trong đó:

P_T - công suất của tuốcbin đã tính ở phần chọn tuốcbin (kW);

η_1 - hiệu suất truyền động của thiết bị truyền động. Đối với dây truyền hình thang $\eta_1 = 0,95$. Khi nối trực tiếp máy phát với tuốcbin thì $\eta_1 = 1$.

η_2 - hiệu suất máy phát điện. Đối với máy phát điện công suất $100 \div 500$ kW có $\eta_2 = 0,90$.

2. Kiểu đứng hoặc kiểu ngang: Nói chung máy phát điện có công suất lớn hơn 80 kW thường được nối trực tiếp hoặc gián tiếp qua thiết bị truyền động. Tốt nhất là nối trực tiếp qua khớp nối đàn hồi, hiệu suất tổ máy sẽ cao, nhưng yêu cầu số vòng quay của máy phát

và tuốcbin bằng nhau và hướng trục của tuốcbin và máy phát phải cùng chiều (đứng hoặc ngang). Nếu tốc độ không bằng nhau và chiều khác nhau có thể dùng dây truyền phẳng, nửa chéo hoặc hình thang và có thể cũng dùng hộp chuyển tốc (gồm một hệ bánh xe răng khứa).

3. *Tốc độ quay*: Máy phát điện của các trạm thủy điện phần lớn dùng loại đồng bộ xoay chiều 3 pha có tần số 50 Hz. Tần số f có liên quan với tốc độ quay của máy phát n và số đôi cực: $f = \frac{pn}{60}$. Khi tần số $f = 50$ Hz thì số vòng quay $n = \frac{3000}{p}$.

Số đôi cực p tương ứng với số vòng quay tiêu chuẩn đối với các máy phát điện theo các trị số sau:

p	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	20	24	30
$\frac{n_v}{f}$	1500	1000	750	600	500	428,6	375	300	250	214	187,5	150	125	100

Máy phát điện có cùng một công suất, nếu tốc độ quay lớn, kích thước và giá thành sẽ nhỏ, trọng lượng sẽ nhẹ và rẻ tiền hơn, đồng thời việc lắp ráp, xây dựng nền móng máy cũng dễ dàng và tốn ít vật liệu hơn.

Khi lựa chọn máy phát cũng phải xét đến tốc độ quay lồng của nó, tức là khi đột ngột mất phụ tải sẽ sinh ra tốc độ quay cực hạn lớn hơn rất nhiều so với tốc độ quay bình thường.

4. *Điện thế*: Máy phát điện dùng ở trạm trạm thủy điện nhỏ nói chung có điện áp thấp 400/230V. Nhưng khi công suất tương đối lớn thì dùng máy phát điện áp cao là 6300V.

5. *Hệ số công suất $\cos\varphi$* : hệ số này được xác định theo tính chất của phụ tải của máy phát. Thường $\cos\varphi$ nằm trong khoảng $0,7 \div 0,95$. Khi phụ tải thấp sáng $\cos\varphi \approx 1$. Ta lấy trung bình $\cos\varphi = 0,80$.

Ngoài các loại máy phát điện xoay chiều đồng bộ dùng rộng rãi ở các trạm thủy điện nhỏ, người ta cũng còn dùng máy phát điện 1 chiều và máy phát điện xoay chiều dị bộ (không đồng bộ).

Máy phát điện 1 chiều có thể dùng cho các trạm thủy điện nhỏ có công suất dưới 10 kW cung cấp điện thắp sáng và truyền thanh cho các hộ dùng điện cách trạm trong phạm vi đường kính dưới 700m.

Máy phát điện xoay chiều không đồng bộ thích hợp cho các trạm thủy điện vận hành đơn độc có công suất dưới $15 \div 20$ kW hoặc cho các trạm thủy điện có công suất hàng trăm kW nếu cho vận hành trong một hệ thống điện cỡ trung bình trở lên.

Việc sử dụng máy phát điện 1 chiều và xoay chiều không đồng bộ ở trạm thủy điện nhỏ có giá trị kinh tế và kỹ thuật cao (vì giá thành rẻ) cần chú ý nghiên cứu áp dụng.

6. Khi lắp ráp máy phát nên lưu ý hai vấn đề là vận chuyển và xây móng máy.

Vận chuyển máy phải hết sức cẩn thận, tránh làm cong trục chính.

Xây móng máy phải bảo đảm ổn định chống lật, không rung. Đối với máy không hãm luôn, phụ tải thay đổi từ từ, thông thường lấy trọng lượng móng máy gấp $8 \div 10$ lần trọng lượng máy phát. Nếu hãm luôn, phụ tải thay đổi đột ngột phải tăng trọng lượng lên $15 \div 20$ lần.

7. Một số kiểu máy phát điện thường dùng trong trạm thủy điện nhỏ: Đối với các tổ máy nhỏ công suất $5 \div 48\text{kW}$ nên dùng loại máy phát điện trong nước sản xuất. Loại này đều có kèm bảng điện và các thiết bị đo lường và bảo vệ trọn bộ.

Đối với trạm có tổ máy công suất trên 64kW , thường dùng máy phát điện nhập của nước ngoài như Liên bang Nga, Trung Quốc.

Đối với trạm thủy điện nhỏ ở Liên bang Nga thường dùng các loại sau: loại CF, CFB: đó là máy phát điện đồng bộ (C), trục ngang hoặc đứng (Γ , B) công suất từ $35 \div 60\text{kW}$, số vòng quay 1000 vòng/phút.

Ví dụ: CFB 35/6 là máy phát điện đồng bộ trục đứng, công suất 35kVA (28kW) có 6 đôi cực, tốc độ quay 1000 vòng/phút.

Loại C và CB là máy phát điện đồng bộ trục ngang (Γ) và đứng (B). Cấp công suất từ $61 \div 224\text{kW}$, số vòng quay 428, 500, 600, 750, 1000 vòng/phút.

Ví dụ: C13-4-8 là máy phát điện đồng bộ trục ngang mẫu 13 có 4 thanh thép hoạt động và 8 đôi cực tương ứng với 750 vòng/phút.

Loại BFC II dùng với tuốcbin cánh quạt (Π). Công suất từ 200kW trở lên.

Ví dụ: BFC II 213/24-24 là máy phát điện đồng bộ trục đứng rỗng, đường kính lõi ngoài stato 213cm , chiều dài stato 24cm . Đôi cực 24 tương ứng với 125 vòng/phút.

4.7.2. Máy biến áp

Máy biến áp là một thiết bị điện dùng để biến đổi từ một cấp điện áp này sang một cấp điện áp khác. Đối với các trạm thủy điện nhỏ, máy tăng (hoặc giảm) áp thường dùng kiểu 3 pha hai cuộn dây, làm lạnh bằng dầu. Lựa chọn máy biến áp chủ yếu là định số lượng máy, công suất và điện áp.

1. Số máy biến áp: trong các trạm thủy điện nhỏ, thông thường dùng một máy biến áp. Vì giá thành của một máy công suất lớn rẻ hơn hai máy có cùng công suất, bố trí cũng dễ dàng hơn, đồng thời đơn giản hoá sơ đồ điện chính và giảm bớt thiết bị điện. Nếu các hộ dùng điện đòi hỏi phải cấp điện bảo đảm, liên tục thì có thể chọn 2 máy biến áp để phòng sự cố hoặc để sửa chữa.

Trường hợp số tổ máy của trạm tương đối nhiều, cần phân thời gian xây dựng để thu được hiệu ích kinh tế lớn hơn, cũng có thể qua so sánh kinh tế kỹ thuật mà chọn hai hoặc nhiều hơn.

2. *Công suất máy biến áp*: Công suất của máy biến áp cần tương ứng với công suất tải qua máy. Nếu có 1 máy biến áp nối trực tiếp với 1 máy phát mà hệ dùng điện lân cận rất ít, thì công suất máy biến áp nên chọn bằng công suất của máy phát điện. Nếu có 1 máy biến áp nối với 2 hay nhiều hơn 2 máy phát thì công suất của máy biến áp nói chung bằng tổng công suất của các máy phát điện nối với nó. Nếu gặp trường hợp phụ tải hệ lân cận tương đối lớn, mà công suất của máy biến áp phải tải đi nhỏ hơn công suất của máy phát điện nối với nó thì cần phân tích kỹ công suất lớn nhất của máy biến áp phải là bao nhiêu.

Đơn vị công suất của máy biến áp là kVA. Cho nên khi máy biến áp nối trực tiếp với 1 máy phát thì dựa theo công thức sau để tính công suất máy biến áp:

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} \quad (\text{kVA})$$

Trong đó:

P - công suất máy phát điện (kW);

cosφ - hệ số công suất của máy phát thường lấy 0,8.

Do máy biến áp đã tiêu chuẩn hoá, khi chọn công suất của máy biến áp nên dùng công suất tiêu chuẩn. Ví dụ tính ra 300 kVA thì chỉ có thể chọn loại có công suất tiêu chuẩn 320 kVA.

3. *Điện áp của máy biến áp*: Điện áp phía hạ áp chọn bằng điện áp máy phát, còn phía cao áp thì khi xác định sơ đồ điện chính, dựa vào công suất tải và khoảng cách tải điện mà định. Phía cao áp của máy biến áp có 2 đầu dây để điều chỉnh điện áp. Đối với các máy biến áp (tăng áp) dùng cho trạm tải điện, thì điện áp đầu dây ra phía cao áp nên chọn bằng 105% điện áp định mức của đường dây. Đối với đường dây 3kV thì lấy bằng 3,15kV. Đối với đường dây 6kV thì lấy bằng 6,3kV. Đối với đường dây 10kV thì lấy bằng 10,5kV bằng cách điều chỉnh đầu dây phân tiếp phía cao áp ứng với vị trí + 5% là được.

Cũng có thể căn cứ vào khoảng cách tải điện, công suất cần thiết và loại dây dẫn để chọn máy biến áp có công suất và điện áp thích hợp, có thể tham khảo bảng sau:

l(km)	Công suất phụ tải (kW)	Vật liệu dây	Công suất máy biến áp	Điện áp (kV)
3 - 8	≥ 30 - 50	Đồng, Nhôm	1,3 - 1,5 phụ tải	3 - 6
12 - 20	≥ 30 - 50	Đồng, Nhôm	1,3 - 1,15 phụ tải	10

4. *Cách nối dây của máy biến áp*: Đối với các máy biến áp mà phía hạ áp có điện áp 400/230V, tăng áp lên 3 ÷ 10kV đều nối kiểu Y/Yo-12. Nếu phía hạ áp của máy biến áp có điện áp là 3,15kV, tăng áp lên 6 ÷ 10kV thì nối kiểu Y/Δ - 11 hoặc Y/Y-12.

Kí hiệu máy biến áp của Việt Nam gồm 3 chữ số: chữ thứ nhất chỉ công suất của máy (kVA), chữ thứ hai chỉ điện áp dây phía cao áp (kV), chữ thứ ba chỉ điện áp dây phía hạ áp

(kV). Ví dụ: 560 - 35 - 0,4 là máy biến áp có công suất 560 kVA, điện áp cao áp 35kV, phía hạ áp 0,4kV (tức 400 V). Máy biến áp của Liên bang Nga, hoặc của một số nước kí hiệu bằng chữ TM có nghĩa là T-3 pha; M - dầu. Ví dụ: TM-320/10 tức là máy biến áp 3 pha, dầu làm lạnh tự nhiên, công suất 320kVA điện áp phía cao áp 10kV.

4.8. CÁC THIẾT BỊ CỦA CÔNG TRÌNH PHÂN PHỐI ĐIỆN VÀ TRẠM BIẾN ÁP

Trong hệ thống điện, ngoài những thiết bị chủ yếu như: máy phát điện, máy biến áp, đường dây dẫn điện và các thiết bị phụ khác, còn những thiết bị điện của mạch điện sơ cấp như: đo lường, bảo vệ, kiểm tra, tín hiệu...

Trong nhà máy điện có thiết bị phân phối điện của điện áp máy phát và thiết bị phân phối điện ở điện áp cao. Trong trạm biến áp cũng có thiết bị phân phối điện cao áp và hạ áp.

Lúc xảy ra sự cố, nhờ có thiết bị điện ta có thể cắt các bộ phận sự cố ra và thu hẹp phạm vi ảnh hưởng của sự cố, để bảo đảm tiếp tục duy trì cung cấp điện cho các bộ phận không xảy ra sự cố. Mặt khác, khi sửa chữa một thiết bị nào đó, cần phải cách li nó ra còn các thiết bị khác vẫn tiếp tục vận hành bình thường.

Ngoài ra, trong thiết bị phân phối điện còn có các thiết bị bảo vệ cần thiết như thiết bị chống sét để ngăn ngừa quá điện áp, cuộn dây điện kháng để hạn chế dòng điện ngắn mạch, máy biến điện áp, máy biến dòng điện dùng để cung cấp điện áp và dòng điện cần thiết cho các đồng hồ đo lường và rơle bảo vệ.

Thường sự cố của các thiết bị điện chính trong nhà máy điện như máy phát điện, máy biến áp xảy ra rất ít, còn sự cố ở các thiết bị phân phối điện lại xảy ra tương đối nhiều và ảnh hưởng của nó rất nghiêm trọng.

1. Thiết bị điện hạ áp

Thiết bị điện dùng để đóng cắt và chuyển mạch điện trong điều kiện bình thường và sự cố, trên đường dây hạ áp gồm có:

- Cầu dao: dùng để đóng mạch và cắt mạch bằng tay trên các đường dây dẫn điện áp dưới 500V. Cầu dao có loại 1 cực, 2 cực và 3 cực tùy theo số pha của dây điện. Khi lựa chọn cầu dao căn cứ vào điện áp định mức, dòng điện định mức, số cực và dạng tay gạt.

- Cầu chì hạ áp: dùng để bảo vệ mạch điện một chiều và xoay chiều khỏi dòng ngắn mạch. Phần cơ bản của cầu chì là dây chì. Khi dòng điện vượt quá dòng điện định mức dây chì nóng lên và cháy, cắt mạch. Dây chì đặt trong ống có tiếp điểm nối với mạch điện. Dây chì đã cháy rồi có thể dùng dây chì mới thay vào (dây chì thiếc, hợp kim chì thiếc).

Khi chọn cầu chì ngoài việc biết dòng điện định mức để dây chì chịu được lúc bình thường, còn phải chịu được dòng điện khi khởi động các động cơ.

Cụ thể đối với những đường dây và thiết bị điện tiêu thụ điện ổn định như đèn điện, bàn là, bếp điện thì cường độ định mức của dây chì chỉ cần bằng hoặc lớn hơn cường độ của nơi được bảo vệ chút ít là được:

$$I_{\text{chì}} \geq I_{\text{dm}}, (I_{\text{dm}} - \text{cường độ định mức})$$

Đối với động cơ lồng sóc tính theo hệ thức:

$$I_{\text{chì}} \geq (0,5 - 0,62)I_d$$

Trong đó:

I_d - dòng điện khởi động của động cơ. Có thể lấy dòng điện định mức của động cơ nhân với bội số dòng điện khởi động sẽ tìm được I_d . Bội số khởi động có thể lấy gần đúng từ $4 \div 6$.
Đối với động cơ quấn dây tính theo hệ thức:

$$I_{\text{chì}} \geq 0,4 I_d$$

Để lựa chọn cầu chì cho một mạch chính cung cấp cho một loạt động cơ khác nhau ta lấy trường hợp khi tất cả động cơ đang làm việc và một động cơ có công suất lớn nhất mở máy. Như vậy dòng điện cầu chì là tổng số dòng điện định mức của các động cơ cộng với dòng điện khởi động của một động cơ I_d cao nhất.

$$I_{\text{chì}} = \sum_1^{n-1} I_{\text{dm}} + I_d$$

Trong đó:

I_d - dòng điện khởi động của một động cơ có I_d cao nhất trong hệ thống.

Cầu dao tự động (aptômat): dùng trong các mạch điện xoay chiều, một chiều từ 500V trở xuống. Có thể tự động cắt mạch khi quá tải ngắn mạch, điện áp thấp hơn mức bình thường hoặc chiều của dòng điện một chiều biến đổi thất thường. Dùng aptômat tốt và an toàn hơn cầu chì, theo quy phạm những động cơ hoặc đường dây công suất trên 40kW không dùng cầu chì bảo vệ mà phải dùng cầu dao tự động (điều chỉnh được cường độ). Ở các trạm thủy điện nhỏ thường dùng aptômat loại A có các dòng điện định mức 200, 400, 600 và 1500A.

Chọn aptômat căn cứ vào điện áp định mức, cường độ định mức, số cực, loại và số lượng role quá tải, dạng tay gạt, dòng điện ngắn mạch.

Dòng điện ngắn mạch của aptômat không được nhỏ hơn trị số dòng điện ngắn mạch toàn phần trong thời điểm ban đầu:

$$I_{\text{cát}} \geq I_y$$

Trong đó:

I_y - dòng điện ngắn mạch, hoặc dòng điện mở máy đã tính để chọn dây chì như ở trên.

Role và bảo vệ bằng role. Cầu chì là loại thiết bị cắt dòng điện ngăn mạch đơn giản và tương đối rẻ tiền. Tuy nhiên, khi công suất và điện áp định mức của các hệ thống điện tăng lên, dùng cầu chì để cắt ngăn mạch không thể đáp ứng được những yêu cầu cơ bản như: tác động có chọn lọc, nhanh và đảm bảo... Trong hệ thống điện khi vận hành có thể sẽ xảy ra các chế độ làm việc không bình thường và sự cố. Có thể ví dụ như động cơ bị quá tải. Khi quá tải dòng điện chạy qua trong thời gian lâu có thể phát nóng các dây dẫn và làm hỏng cách điện. Đây là trường hợp nguy hiểm cần phải phát hiện và bảo vệ các thiết bị. Role là thiết bị điện mà khi có sự cố nó tự động tác động và cho tín hiệu để đóng mở các mạch điện.

Bảo vệ các thiết bị điện nhờ role người ta gọi là bảo vệ role. Công dụng cơ bản của role bảo vệ là khi có sự cố hoặc tình trạng không bình thường xảy ra, nó tức khắc cắt các phần tử bị sự cố hoặc là báo bằng tín hiệu cho nhân viên vận hành biết để ngăn ngừa sự cố có thể xảy ra.

Mỗi một role gồm có hai bộ phận cơ bản: bộ phận cảm thụ và bộ phận tác động. Mỗi một bộ phận thực hiện một nhiệm vụ riêng. Cơ quan cảm thụ có nhiệm vụ phản ánh sự biến đổi của các đại lượng đã cho, ví dụ dòng điện, điện áp... Cơ quan tác động có nhiệm vụ đóng và cắt các mạch điều khiển.

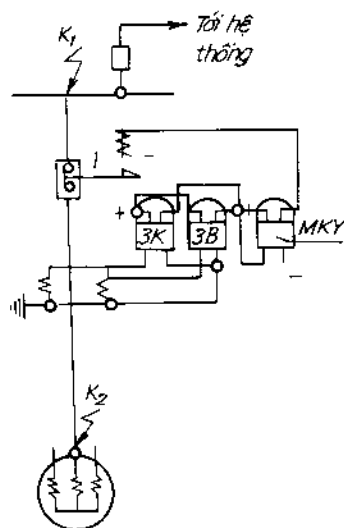
Người ta phân biệt role theo nhiều cách. Theo nhiệm vụ vai trò của role trong sơ đồ bảo vệ mà phân ra làm role chính và role phụ. Role chính dùng để nhận lấy sự biến đổi các đại lượng cần kiểm tra, role phụ dùng làm bộ phận giữ thời gian cùng để tăng cường các tiếp xúc của role chính, dùng làm tín hiệu cho biết sự làm việc của role bảo vệ.

Sự tác động của role có thể dựa trên các nguyên lý làm việc về điện hoặc không phải điện. Role điện về nguyên lý tác động có thể phân ra các loại: điện từ, cảm ứng, điện động nhiệt... Thông dụng hơn cả là role điện từ. Role không điện có thể ví dụ như role khí dùng để bảo vệ máy biến áp, role cơ khí để báo số vòng quay của máy điện.

Theo các đại lượng biến đổi mà role cần phản ánh, người ta phân ra các role dòng điện, điện áp, công suất... Tùy theo đặc tính biến đổi, người ta làm nhiều loại role điện áp cực đại và cực tiểu. Role có hướng sẽ tác động khi đại lượng cần kiểm tra nó thay đổi hướng ngược lại.

Theo khả năng mắc role vào mạch mà người ta phân ra role sơ cấp và role thứ cấp. Role sơ cấp được nối trực tiếp vào phần tử cần bảo vệ còn role thứ cấp phải nối qua máy biến áp đo lường. Theo khả năng tác động đến máy cắt điện, role phân ra role tác động trực tiếp và gián tiếp.

Tùy theo công dụng còn có loại role thời gian để tác động máy ngắt ra một thời gian nhất định. Role trung gian đi kèm với một role khác để tăng cường khả năng cắt mạch ở công suất lớn và số mạch cắt nhiều.



Hình 4.26: Sơ đồ tác động của role đối với máy ngắt bảo vệ máy phát

Ở sơ đồ bên ta thấy khi có ngắn mạch 2 pha thì role điện áp kiểu 3K - 256 đóng mạch cho role thời gian 3B-201. Sau một thời gian quy định role thời gian sẽ đóng mạch cho role trung gian MKY-48 và role trung gian làm nhảy chốt máy ngắt 1 (hình 4.33).

4.8.2. Thiết bị cao áp

Các thiết bị cao áp trong công trình phân phối gồm: cầu chì cao áp, cầu dao cách li cao áp, máy cắt phụ tải; máy cắt điện, máy biến áp đo lường (máy biến dòng điện và máy biến điện áp), thanh cái, sứ cách điện.

Cầu chì cao áp. Cũng có nhiệm vụ như cầu chì hạ áp để bảo vệ mạch điện cao áp.

Chọn cầu chì cao áp phải căn cứ vào điện áp định mức, dòng điện định mức, nơi đặt, dòng điện hay công suất cắt mạch cho phép.

Dòng điện hay công suất cắt mạch không được nhỏ hơn dòng điện và công suất cắt mạch khi $t = 0,2$ giây.

$$I_{\text{cắt}} \geq I_{0,2}$$
$$S_{\text{cắt}} \geq S_{\text{d.m } 0,2}$$

Dao cách li cao áp. Tất cả công việc làm tiếp xúc với thiết bị điện trong tình trạng bình thường đều phải cách li điện áp cao. Quy trình an toàn đòi hỏi phải có một khoảng cách trông thấy cắt mạch điện mới sửa chữa được. Với mục đích đó trong các cơ cấu điện áp cao hơn 1000V người ta dùng dao cách li.

Dao cách li không có buồng dập tắt hồ quang như máy cắt điện nên nó không được mở ra khi có dòng điện chạy qua lúc bình thường và ngắn mạch. Dùng dao cách li chủ yếu tạo nên một sự an toàn để sửa chữa các thiết bị điện. Trong các nhà máy điện và trạm biến áp còn dùng dao cách li để đổi nối từ một hệ thống thanh góp này sang hệ thống thanh góp khác, dùng để nối đất đường dây dẫn điện.

Trong trường hợp rất đặc biệt quy trình vận hành cho phép dùng dao cách li đóng và cắt mạch điện trong các trường hợp sau đây:

1. Đường dây trên không điện áp 35kV có độ dài dưới 10km, đường dây cáp điện dài 5km, điện áp 10kV.

2. Đóng và cắt các máy biến điện áp đo lường

3. Đóng và cắt dòng điện không tải của máy biến áp.

- Điện áp 10kV, công suất 750kVA.

- Điện áp 20kV, công suất 3200 kVA.

- Điện áp 35kV, công suất 7500kVA.

Tùy theo vị trí đặt của dao cách li mà người ta chia làm 2 loại: loại trong nhà và ngoài trời. Theo số cực của dao cách li người ta chia dao cách li 1 cực và 3 cực. Dao cách li 3 cực thường được truyền động chung cùng một lúc đóng hoặc mở cả 3 pha.

Chọn dao cách li cao áp căn cứ theo điện áp định mức, cường độ dòng điện định mức, vị trí, kết cấu điều khiển. Phải kiểm tra ổn định nhiệt và ổn định động.

Máy cắt dầu: Dùng để đóng và cắt mạch điện cao áp khi bình thường và khi có sự cố ngắn mạch. Vì phải cắt dòng điện ngắn mạch lớn nên máy cắt phải có một kết cấu dập hồ quang đốt và dập tắt nhanh chóng. Ở các trạm thủy điện nhỏ điện áp $6 \div 10\text{kV}$ thường dùng loại máy cắt kiểu ít dầu hay loại nhiều dầu. Trong máy cắt nhiều dầu, dầu vừa làm nhiệm vụ dập hồ quang vừa để cách điện. Còn trong máy cắt điện ít dầu, dầu chỉ làm nhiệm vụ dập hồ quang mà thôi. Do đó vỏ phải đặt trên sứ cách điện.

Máy cắt phụ tải: Dùng để cắt và đóng mạch điện trong khi làm việc bình thường. Máy cắt phụ tải có buồng dập hồ quang rất đơn giản nó chỉ có thể cắt dòng điện làm việc bình thường mà thôi, không thể cắt dòng điện ngắn mạch được. Cầu chì có thể đặt trước hoặc sau máy cắt theo phương dòng điện.

4.8.3. Các thiết bị đo điện

Muốn kiểm tra tình trạng làm việc của máy phát điện, máy biến áp phải có thiết bị đo lường.

Ở các trạm thủy điện nhỏ thường dùng các đồng hồ đo, ampe kế, vôn kế, tần số kế, oát kế và điện lượng kế (công tơ).

Ampe kế thường dùng để đo dòng điện là loại ampe kế điện từ. Muốn đo dòng điện của một mạch nào đấy ta phải mắc ampe kế nối tiếp vào mạch nếu mạch đó có dòng điện và điện áp bé. Trong trường hợp ngược lại phải dùng máy biến dòng điện. Vôn kế thường dùng cũng là loại vôn kế điện từ. Vôn kế được đấu song song với hai pha cần đo điện áp. Ở các trạm thủy điện nhỏ thường đặt 1 vôn kế để đo điện áp dây của thanh cái phía hạ áp của máy biến áp. Ngoài ra có thể dùng cái đổi nối để có thể chỉ dùng một vôn kế mà đo được điện áp dây giữa các pha. Thông thường người ta dùng vôn kế cỡ $0 \div 450$ đo trực tiếp điện áp thanh cái 380V .

Tần số kế dùng để đo tần số của mạch điện. Nó được mắc song song với mạch điện như vôn kế. Thường dùng loại tần số kế kiểu cảm ứng.

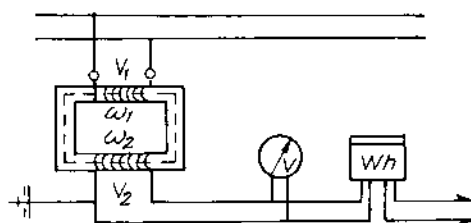
Oát kế dùng để đo công suất trong mạch điện. Vì công suất tỉ lệ với điện áp và dòng điện trong mạch, nên oát kế có 2 cuộn dây: một cuộn dây điện áp và một cuộn dây dòng điện. Cuộn dây điện áp mắc song song, còn cuộn dây dòng điện mắc nối tiếp.

Công tơ điện dùng để đo điện năng của trạm. Thường dùng công tơ điện cảm ứng đo công suất tác dụng. Công tơ 3 pha cũng có 2 cuộn dây như oát kế và cách đấu dây như oát kế.

Trên các trạm điện áp cao, dòng điện lớn, thiết bị đo điện đấu vào mạch phải qua các máy biến điện áp và máy biến dòng điện. Qua các máy này, điện áp và dòng điện sẽ giảm nhiều, dùng các đồng hồ đo lường thông thường sẽ an toàn và rẻ tiền hơn.

Máy biến điện áp: dùng để giảm từ điện cao áp xuống điện hạ áp cung cấp cho các đồng hồ đo lường, và role bảo vệ. Cấu tạo của máy biến điện áp gồm 2 cuộn dây quấn quanh 1 lõi thép ghép bằng những lá thép mỏng. Cuộn dây sơ cấp nối song song với lưới điện cao áp.

Các dụng cụ đo lường và dụng cụ bảo vệ (vôn kế, role điện áp, công tơ điện, oát kế, pha kế, role công suất...) được nối song song vào hai cực của cuộn dây thứ cấp. Cách điện giữa các vòng của cuộn dây sơ cấp và thứ cấp có thể bị đánh thủng, lõi sắt và vỏ ngoài có thể không chịu đựng được một điện áp cao. Cho nên để bảo đảm an toàn cho nhân viên vận hành, vỏ sắt, ruột sắt và cuộn dây thứ cấp của máy biến điện áp phải nối với đất (hình 4.27). Các máy biến điện áp luôn luôn được chế tạo có cuộn dây thứ cấp với điện áp định mức bằng 100V. Máy biến áp điện áp đo lường có nhiều loại 1 pha hoặc 3 pha, 3 pha 3 trụ hoặc 3 pha 5 trụ. Các cuộn dây của máy biến điện áp có thể đặt trong thùng dầu hay đặt trong không khí (máy biến áp khô).



Hình 4.27: Sơ đồ đấu dây của máy biến điện áp

Người ta chế tạo nhiều loại máy biến điện áp đặt trong nhà và ngoài trời. Máy biến điện áp được chế tạo dùng cho đo lường và công tơ có cấp chính xác 0,5 hoặc 1. Phụ tải nối vào thứ cấp của máy biến điện áp càng lớn thì cấp chính xác của máy biến điện áp sẽ kém hơn.

Chọn máy biến điện áp căn cứ vào điện áp định mức, nơi đặt, cấp chính xác. Trị số công suất định mức S_{2dm} (VA) của máy khi làm việc ở các cấp chính xác khác nhau ghi trong bảng chọn máy.

Kiểm tra trị số phụ tải cho phép của máy biến điện áp tương ứng với cấp chính xác đã chọn theo công thức:

$$S = \sqrt{(\sum S_{np} \cos \varphi_{np})^2 + (\sum S_{np} \sin \varphi_{np})^2} \leq S_{2dm}$$

Trong đó:

S_{np} và $\cos \varphi_{np}$ - công suất yêu cầu (VA), hệ số công suất của dụng cụ đo và các thiết bị mắc song song trên đường dây nối với máy biến điện áp.

Máy biến dòng điện: (hình 4.28)

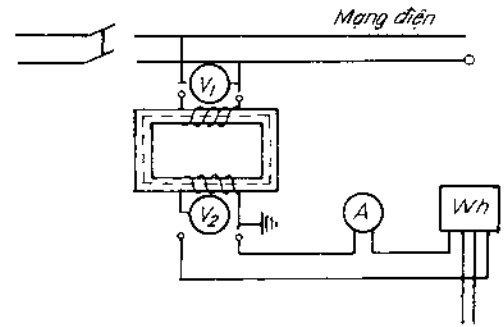
Cuộn dây sơ cấp gồm một số ít vòng dây mắc nối tiếp vào lưới điện. Cuộn dây thứ cấp gồm nhiều vòng dây và cách điện với cuộn sơ cấp. Cuộn dây của ampe kế, cuộn dây của oát kế, công tơ điện, pha kế, role dòng điện đều mắc nối tiếp vào mạch này. Nhiệm vụ của máy biến dòng điện là để tạo dòng điện nhỏ hơn dòng điện qua cuộn dây sơ cấp, thuận tiện cho việc đo lường và bảo vệ.

Cuộn dây thứ cấp của máy biến dòng điện được chế tạo với dòng điện định mức là $I_{2dm} = 5A$. Trị số dòng điện định mức ở các cuộn thứ, sơ cấp $I(A)$ theo từng bậc: 5, 7, 5, 10, 15, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 750, 1000, 1500, 1500, 2000, 3000, 4000, 5000, 7500, 10.000, 15.000, 25.000. Người ta chế tạo máy biến dòng điện có nhiều cuộn dây thứ cấp tương ứng với các cấp chính xác khác nhau tùy theo yêu cầu sử dụng (cấp 0,5 và 1 dùng cho đo lường, cấp 3 dùng cho rơle bảo vệ).

Lựa chọn máy biến dòng điện căn cứ vào điện áp định mức và dòng điện sơ cấp, kiểu, cấp chính xác. Cấp chính xác mà máy biến dòng điện làm việc còn tùy theo tổng công suất của các phụ tải mắc vào nó.

Sứ cách điện và thanh dẫn

Sứ cách điện: dùng để mắc dây điện vào công trình phân phối và cách điện giữa đường dây với kết cấu hoặc với các dây điện ở dưới điện áp khác. Sứ cách điện chia làm nhiều loại: sứ trụ, sứ xuyên, sứ treo, sứ trong nhà, sứ ngoài trời... Sứ trụ gồm phần trụ sứ và phần đế thép. Đế thép để ghép dây dẫn vào trụ sứ và đặt trụ sứ lên bệ đỡ. Để dùng vào các công trình phân phối kín có loại sứ trụ trong nhà. Để dùng cho công trình phân phối ngoài trời có loại trụ sứ ngoài trời.



Hình 4.28: Sơ đồ đấu dây của máy biến dòng điện

Sứ trụ loại dùng trong nhà cho các điện áp 6, 10, 20 và 35kV chia ra làm 4 nhóm khác nhau về kích thước và tải trọng phá hoại cơ học, khi trụ sứ làm việc trong điều kiện chịu uốn. Đế của trụ sứ dùng trong nhà có dạng tròn, bầu dục và hình vuông.

Lựa chọn sứ cách điện căn cứ theo điện áp và loại dùng trong nhà hay ngoài trời. Đối với sứ cách điện đều phải kiểm tra ổn định động, riêng đối với sứ xuyên cách điện phải kiểm tra thêm ổn định nhiệt của dòng ngắn mạch.

Thanh dẫn: dùng để nối các thiết bị điện trong công trình phân phối với nhau, với máy biến áp, với đường dây dẫn và đôi khi cả máy phát điện. Các công trình phân phối của các trạm thủy điện nhỏ, các trạm biến áp dùng dây trần tiết diện chữ nhật, tròn bằng thép và nhôm.

Thanh dẫn chọn theo dòng điện định mức và tùy theo kết cấu toàn bộ. Khi chọn thanh dẫn phải kiểm tra lại theo điều kiện toả nhiệt.

Khi dòng điện dưới 250A dùng thanh cái thép, khi dòng điện lớn hơn dùng nhôm.

Thanh dẫn phải kiểm tra ổn định động và ổn định nhiệt.

4.9. SƠ ĐỒ NỐI DÂY VÀ MẠNG ĐIỆN

4.9.1. Sơ đồ nối dây

Định sơ đồ nối dây là một phần chủ yếu trong tính toán phân điện của trạm thủy điện. Muốn chọn sơ đồ nối dây phải nghiên cứu một số phương án, và tiến hành so sánh kinh tế -

kĩ thuật toàn diện để chọn ra một phương án hợp lí nhất. Phương án đó phải bảo đảm yêu cầu vốn đầu tư nhỏ, cung cấp điện an toàn, vận hành linh hoạt, bố trí đơn giản để quản lí sửa chữa dễ dàng, đồng thời phải chú ý phát triển trong tương lai.

1. Số liệu làm cơ sở để lựa chọn sơ đồ nối dây

- Số lượng máy phát điện trong trạm, công suất và điện áp mỗi tổ máy.
- Số lượng đường dây tải điện trong trạm ra ngoài nhà máy, công suất và khoảng cách.
- Tính chất và mức độ quan trọng của hệ dùng điện loại I, loại II, loại III.
- Liên hệ giữa nhà máy và mạng điện địa phương.

2. Sơ bộ lựa chọn sơ đồ nối dây

- Căn cứ vào công suất truyền tải trên đường dây, tính toán tổn thất điện áp và chọn điện áp của nhà máy. Kết hợp với mạng điện địa phương chọn điện áp giống nhau.
- Căn cứ vào sự phân bố và tính chất của các hệ dùng điện ở các cấp điện áp mà định ra số phương án nối dây ở các cấp điện áp.
- Sơ bộ xác định số lượng và công suất máy biến áp, đề xuất phương án sơ đồ dây chính, tiến hành so sánh kinh tế - kĩ thuật và từ đó rút ra phương án tốt nhất.
- Trên cơ sở phương án được chọn tiến hành tính toán ngắn mạch và chọn các thiết bị điện.

3. *Xác định điện áp dẫn điện.* Phải tham khảo về các mặt kinh tế, tổn thất điện áp và một số điều kiện khác như: cố gắng dùng điện áp máy phát để giảm bớt và giảm nhỏ máy biến áp, thiết bị điện cho công trình phân phối, hoặc vấn đề nối với mạng điện địa phương... mà quyết định chọn điện áp tải điện.

Phạm vi dẫn điện kinh tế của các cấp điện áp có thể tham khảo trong bảng 4.10.

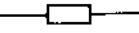
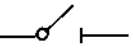
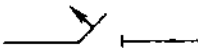
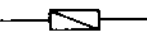
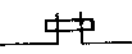
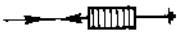
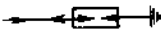
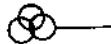
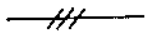
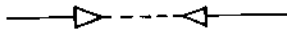
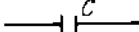
Ở những trạm thủy điện nhỏ dùng điện hạ áp 380/220V có dây trung tính tiếp địa có ý nghĩa kinh tế lớn. Chi phí cho loại đường dây này so với loại điện áp 220/127V hoặc 3.220V chỉ chiếm một phần ba. Đối với đường dây cao áp thường dùng loại 10kV, cũng chỉ bằng 1/3 chi phí so với đường dây 6kV. Một số trường hợp cũng dùng điện áp 20kV để nối với đường dây giữa các trạm, hoặc dùng điện áp 35kV để cung cấp điện cho các vùng xa.

Bảng 4.10. Phạm vi tải điện kinh tế của các cấp điện áp

Điện áp định mức (kV)	Công suất tải (kW)	Cự li kinh tế (km)
0,38	Dưới 100	0,25
3,0	Dưới 1200	3 ÷ 8
6,0	Dưới 2000	5 ÷ 10
10,0	Dưới 3000	8 ÷ 15

4. Kí hiệu thường dùng của thiết bị điện trên sơ đồ nối dây:

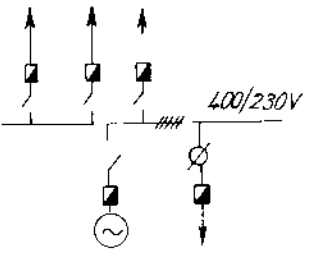
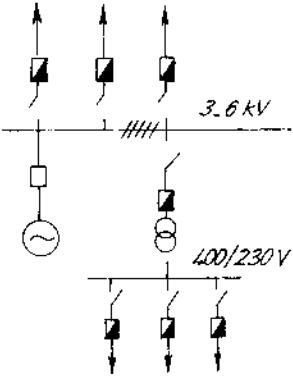
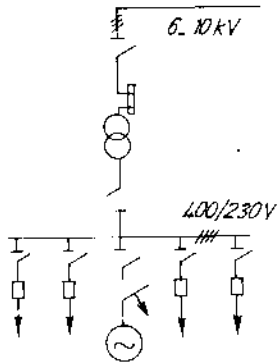
Bảng 4.11. Kí hiệu thiết bị điện

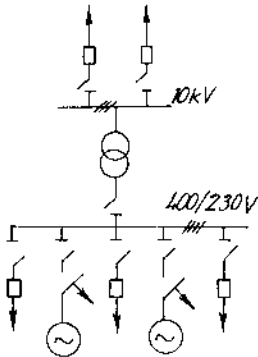
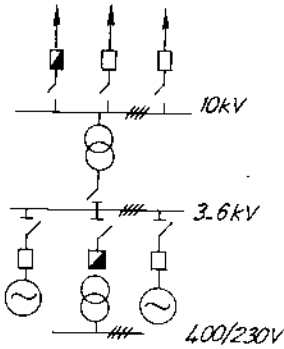
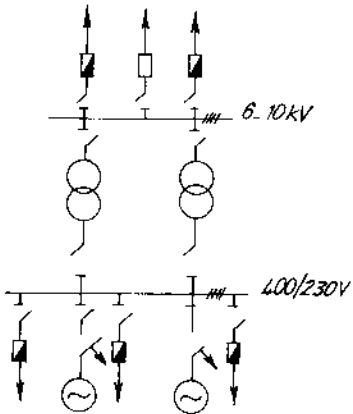
Tên các thiết bị điện	Kí hiệu
Máy phát điện xoay chiều 3 pha	
Máy biến áp 3 pha	
Máy cắt dầu	
Dao cách li	 hoặc 
Aptômat	
Cầu chì lá, dây	
Cầu chì ống	
Chống sét van	
Chống sét ống	
Máy cắt phụ tải	
Máy biến dòng điện	
Máy biến điện áp	 hoặc 
Đường dây 3 pha	
Đầu và dây cáp	
Tụ điện	
Cuộn điện kháng	
Vôn kế	
Ampe kế	
Công tơ điện	

5. Chọn sơ đồ nối dây cho một trạm thủy điện phải so sánh các điều kiện kinh tế - kĩ thuật

Đối với các trạm thủy điện nhỏ có từ 1 đến 3 tổ máy với điều kiện làm việc cụ thể có thể tham khảo một số sơ đồ nối dây chính dưới đây giúp chúng ta trong bước so sánh phương án nối dây.

Bảng 4.12. Một số sơ đồ nối dây của trạm thủy điện nhỏ

Sơ đồ nối dây chính	Điều kiện chung để lựa chọn
	1. Công suất tổ máy trong khoảng 100kW trạm vận hành đơn độc, điện áp máy phát 400/230V. 2. Phụ tải tương đối tập trung, hộ dùng điện gần trạm, dùng điện áp trực tiếp ở máy phát.
	1. Công suất tổ máy trong khoảng 500kW trạm làm việc đơn độc, điện áp máy phát 3 ÷ 6kV. 2. Đại bộ phận hộ dùng điện ở xa trạm dùng điện áp trực tiếp của máy phát. 3. Một bộ phận hộ dùng điện ở gần trạm và dùng điện cho trạm qua máy hạ áp xuống 400/230V. 4. Đường dây cao áp đi xa phải dùng dao cách li và cầu chì cao áp để bảo vệ.
	1. Công suất tổ máy trong khoảng từ 100 ÷ 500kW, trạm làm việc đơn độc, điện áp 400/230V. 2. Qua máy biến áp để cung cấp điện nơi xa, một phần hộ dùng điện cung cấp trực tiếp điện hạ áp.

Sơ đồ nối dây chính	Điều kiện chung để lựa chọn
	1. Công suất mỗi tổ máy $100 \div 500\text{kW}$ trạm làm việc đơn độc, điện áp $400/230\text{V}$. 2. Một số hộ dùng điện ở gần có thể lấy trực tiếp điện ở máy phát. 3. Một bộ phận dùng điện xa, được cấp qua biến áp tăng áp 10kV.
	1. Công suất của mỗi máy $\leq 500\text{kW}$ trạm làm việc đơn độc, điện áp máy phát $3 \div 6\text{kV}$. 2. Hộ dùng điện xa, qua máy biến áp nâng điện áp lên 10kV để tải đi xa. 3. Điện dùng cho nhà máy và hộ gần điện phải qua máy hạ áp điện áp $400/230\text{V}$ mới dùng.
	1. Công suất mỗi máy $100 \div 500\text{kW}$ trạm làm việc đơn độc, điện áp $400/230\text{V}$. 2. Hộ xa là quan trọng cần phải cung cấp qua 2 máy biến áp để tăng áp lên $6 \div 10\text{kV}$. 3. Hộ gần, điện dùng cho nhà máy điện dùng trực tiếp điện áp $400/230\text{V}$ trên thanh cái của máy phát.

6. Phương pháp so sánh kinh tế. Bảng 4.12 giới thiệu một số sơ đồ nối dây chính giúp ta đề xuất phương án kỹ thuật, đồng thời có thể tiến hành so sánh kinh tế để lựa chọn phương án hợp lý về hai mặt kỹ thuật và kinh tế. Muốn so sánh kinh tế phải tính vốn đầu tư để mua các thiết bị và các chi phí vận hành hàng năm, trong đó cần phải tính tổn thất điện năng qua các máy biến áp và các chi phí vận hành hàng năm. Tổng chi phí hàng năm được tính bằng

tổng chi phí tổn thất điện năng và các chi phí vận hành khác với giá tiền vốn đầu tư vào thiết bị điện quy về thời gian thu hồi vốn đầu tư. Trên cơ sở đó quyết định phương án hợp lý. Thời gian bù vốn cho phép do Nhà nước quy định, phụ thuộc vào nền kinh tế quốc dân của mỗi nước và nhiều yếu tố khác.

Để so sánh ta có thể lấy thời gian thu hồi vốn đầu tư là 8 năm. Các thiết bị chủ yếu để so sánh gồm: máy phát điện, máy biến áp và máy ngắt dầu hoặc máy cắt phụ tải.

1) Chỉ tiêu kinh tế của thiết bị thường định bằng giá thành thiết bị nhân với một hệ số vận chuyển... Hệ số đó có thể tham khảo dưới đây:

Máy phát điện: 1,8.

Máy biến áp: 1,5.

Máy ngắt dầu (máy ngắt phụ tải): 2,0.

2) Chi tiết vận hành hàng năm gồm chi phí hao mòn, bảo vệ và tổn thất điện năng. Hao mòn và bảo vệ chiếm 10 ÷ 20% tổng vốn đầu tư của thiết bị. Tổn thất điện năng chỉ tính ở máy phát điện và máy biến áp.

Chi phí tổn thất điện năng có thể tính theo công thức:

$$E = k_1 S_p (1 - \eta) t$$

Trong đó:

E - chi phí tổn thất điện năng năm (đồng/năm);

k_1 - giá thành điện năng;

S_p - công suất tính toán (kW);

η - hiệu suất trạm;

t - thời gian chạy máy trong năm (giờ).

Công suất tính toán có thể xác định theo công thức:

$$S_p = \frac{p_h + p_c \left(\frac{S}{S_H} \right)^2}{1 - \eta}$$

Trong đó:

p_h - tổn thất ở sắt máy phát điện hoặc máy biến áp (kW);

p_c - tổn thất ở đồng máy phát và máy biến áp (kW);

S - phụ tải của máy phát hoặc máy biến áp (kVA);

S_H - công suất định mức của máy phát hoặc máy biến áp (kVA);

Khi S và S_H gần bằng nhau thì S_p gần bằng công suất định mức của máy phát.

Để so sánh kinh tế ta dùng công thức tổng chi phí sau đây:

$$Z = C + \frac{K}{T}$$

Trong đó:

K - giá thành vốn đầu tư thiết bị (đồng);

T - thời gian thu hồi vốn đầu tư, lấy $T = 8$ năm;

C - gồm có chi phí tổn thất điện năng E và các chi phí sửa chữa khấu hao khác.

Phương án tốt nhất sẽ là phương án có tổng chi phí Z nhỏ nhất.

4.9.2. Mạng điện

Vấn đề tính toán đường dây mạng cung cấp phải căn cứ vào mức tổn thất điện áp, so sánh về kinh tế giữa các phương án với nhau về các cấp điện áp khác nhau và phương pháp dẫn điện khác nhau. Tiết diện dây dẫn tăng lên thì tổn thất điện năng giảm xuống, nhưng chi phí kim loại và đầu tư vào dây dẫn sẽ tăng lên. Do đó phải có một tiết diện phù hợp với số tiền chi phí hàng năm nhỏ nhất (chi phí về tổn thất điện năng và chi phí về hao mòn thiết bị), đó là tiết diện kinh tế của dây dẫn.

Trong lúc tính toán mạng điện phải bảo đảm sao cho điện áp khi bình thường cũng như khi sự cố không được sụt xuống quá phạm vi cho phép.

Sơ đồ mạng điện khi tính toán phải phù hợp với hình thể đường dây trên thực địa. Trên sơ đồ cần ghi kích thước tỉ lệ với đường dây và vẽ đầy đủ các kí hiệu của các thiết bị dùng trong mạng. Muốn vậy phải có đầy đủ tài liệu địa hình khu vực cấp điện, tài liệu hộ dùng điện. Sơ đồ mạng điện dùng để tính toán thường dùng sơ đồ 1 dây biểu thị cho cả 3 pha (coi phụ tải 3 pha cân bằng), trên đó ghi đầy đủ vị trí của các phụ tải, công suất, điện áp nơi đó và khoảng cách của các đoạn dây. Sơ đồ tính toán sẽ giúp ta hình dung được toàn bộ đường dây thực tế và tiến hành tính toán kinh tế - kĩ thuật của mạng điện.

1. Tính toán phụ tải của dây dẫn

Để tiện tính tổn thất điện áp và phát nóng của dây dẫn cần phải tính trước phụ tải của dây và xác định sự phân bố phụ tải. Thường phân ra công suất thiết bị và công suất cung ứng.

Công suất thiết bị là tổng số công suất hữu ích của tất cả các phụ tải ở nơi tiêu thụ. Đối với động cơ điện, công suất thiết bị của nó là công suất trên trục của rôto.

Công suất cung ứng là P_c là tổng số công suất tiêu thụ trong lúc có tải ở một nơi tiêu thụ.

Đối với động cơ điện $P_c = \frac{P_{tb}}{\eta}$ trong đó η là hiệu suất của động cơ điện. Đối với đèn

thắp sáng và các dụng cụ dùng sức nóng của điện, có thể coi như $P_{tb} = P_c$.

Trong thực tế, tất cả các phụ tải không phải đồng thời được sử dụng và động cơ điện không phải lúc nào cũng làm việc với lượng định mức. Cho nên để xét quan hệ đó khi tính

công suất, phụ tải thực tế để tính toán dây dẫn ta phải nhân với hệ số nhận tải và hệ số đồng thời.

Thường dùng một hệ số chung thay cho hai hệ số trên. Hệ số này xét cho cả hai tính chất đồng thời trong lúc vận hành và tình trạng non tải của động cơ điện. Như vậy:

$$P_{\max} = P_c \times K_c$$

K_c gọi là hệ số cần thiết có thể tham khảo trong bảng 4.13

Bảng 4.13. Hệ số cần thiết K_c

Đèn thấp trong phòng, các nơi công cộng và các nơi làm việc	0,4 ÷ 0,7
Đèn thấp ở các phòng làm việc của xí nghiệp	0,6 ÷ 0,8
Đèn thấp sáng ngoài phòng	1
Công nghiệp gia công kim loại	0,6 ÷ 0,8
Công nghiệp luyện kim	0,6 ÷ 0,7
Công nghiệp hầm mỏ	0,6 ÷ 0,8
Công nghiệp hoá học	0,9 ÷ 1,0
Công nghiệp dệt	0,8
Thủ công nghiệp	0,3 ÷ 0,5

Ví dụ 1. Tổng công suất định mức của các dụng cụ điện dùng trong sinh hoạt và các đèn dây công tác của một nhà ở là 1,25kW. Nhà này cung cấp điện bằng đường dây nhánh hạ áp hai dây trên không. Tìm phụ tải của đường dây nhánh này. Điện áp định mức của đường dây nhánh là 220V.

Ta biết công suất cần thiết lớn nhất của nhà này là phụ tải cần tính toán. Phụ tải này bằng tổng công suất định mức của các thiết bị nhân với hệ số K_c . Từ bảng trên tìm $K_c = 0,8$. Như vậy $P_{\max} = 1,25 \times 0,8 = 1\text{kW}$ hoặc 1000W.

Ta cũng có thể tìm được dòng điện phụ tải tính toán của nhánh dây là:

$$I = \frac{1000}{220} = 4,5\text{A}$$

2. Chọn tiết diện dây dẫn

Dây dẫn thường làm bằng đồng, nhôm, thép hoặc nhôm lõi thép. Đồng, nhôm thường dùng làm dây dẫn ở các mạng phân phối điện và các mạng hạ áp, còn dây nhôm lõi thép có thể dùng vào đường dây dẫn đi xa. Để tăng cường tính mềm dẻo và sức bền, dây dẫn thường làm dây vặn xoắn. Dây đơn chỉ được dùng trong trường hợp tiết diện nhỏ.

Dây đồng là loại nhiều ưu điểm, sức bền cơ học lớn, dẫn điện tốt nhưng là loại dây dẫn đắt tiền và nó là hàng chiến lược. Nhôm so với đồng kém hơn nhưng nhẹ gần bằng nửa. Vì sức bền cơ học kém, độ võng lớn nên đối với dây nhôm phải dùng cột cao hơn.

Dây nhôm lõi thép làm bằng những sợi thép tráng kẽm vện xoắn lại, phía ngoài có hai lượt dây nhôm vện xoắn. Phần nhôm dẫn điện, thép tăng độ bền của dây.

Thép là nguyên liệu rẻ tiền, sức bền cơ học rất lớn nhưng điện trở lớn. Dây dẫn thép nặng nên sứ cách điện, cột điện cũng phải tăng sức chịu. Do đó, tiền phí tổn đặt đường dây sẽ tăng lên, ngoài ra thép dễ gỉ. Cho nên dây thép chỉ dùng ở mạng điện phụ tải không lớn như mạng điện ở thị trấn, ngoại ô thành phố, nông thôn và đường dây thông tin.

Dựa vào phương pháp mắc dây phân ra: đường dây trên không, dây trong nhà và đường dây cáp.

Chọn sử dụng loại và tiết diện dây dẫn tùy theo dòng điện cần tải, môi trường đặt dây. Dòng điện càng lớn dây dẫn càng to. Nơi dễ tiếp xúc cần dùng dây bọc cách điện tốt, nơi dễ bị va đập dùng dây có vỏ bảo vệ chắc chắn. Dây mắc trên cột có khoảng cách lớn cần có độ bền lớn như thép tráng kẽm, nhôm lõi thép. Nơi gần khu hoá chất, biển có tính ăn mòn kim loại phải dùng dây thép tráng kẽm, dây hợp kim. Đối với mạch hạ áp lựa chọn tiết diện dây dẫn hoặc cáp có thể dùng 2 phương pháp: chọn tiết diện dây dẫn theo điều kiện phát nóng và theo điều kiện tổn hao điện áp.

1. Lựa chọn cầu chì bảo vệ và tiết diện dây dẫn theo điều kiện phát nóng. Căn cứ vào điều kiện phát nóng, việc lựa chọn tiết diện dây dẫn và dây cáp có quan hệ mật thiết với việc lựa chọn cầu chì bảo vệ đường dây đó. Dùng cầu chì bảo vệ các thiết bị điện phải tuân theo những điều kiện sau:

Dòng điện định mức I_{dm} của dây chì phải lớn hơn dòng điện công tác I_p trong đó ta đã xét tới hệ số cần thiết:

$$I_{dm} \geq I_p$$

Loại phụ tải nào khi đóng mạch có dòng điện mở máy lớn thì dây chì còn phải có đủ sức chịu đựng dòng điện mở máy đó. Trường hợp cầu chì dùng để bảo vệ có một động cơ điện, dòng điện lớn nhất I_{max} của đường dây phải bằng dòng điện mở máy của động cơ điện I_d . Vì dây chì trong thời gian ngắn lúc mở máy của động cơ điện có thể quá tải rất nhiều, do đó dòng điện định mức của nó phải chọn nhỏ hơn rất nhiều so với dòng điện mở máy:

$$I_{dm} = \frac{I_{max}}{\alpha} = \frac{I_d}{\alpha}$$

hệ số $\alpha = 1,6 \div 2,5$ quyết định do điều kiện mở máy của động cơ và đặc tính cầu chì.

Nếu cầu chì dùng để bảo vệ một tập hợp nhiều phụ tải có dòng điện mở máy thì dòng điện lớn nhất I_{max} của nó là dòng điện mở máy lớn nhất trong số n phụ tải cộng với tổng số các dòng điện công tác của $n - 1$ phụ tải còn lại $\sum I_p$ trong đó đã xét tới hệ số đồng thời:

$$I_{max} = m \sum_1^{n-1} I_p + I_d$$

Điều kiện thứ hai để lựa chọn dòng điện định mức của cầu chì là:

$$I_{dm} = \frac{m \sum_{i=1}^{n-1} I_p + I_d}{\alpha}$$

Đối với cầu chì còn yêu cầu phải có tính lựa chọn, tức là cầu chì chỉ nên cắt bộ phận nào hư hỏng hoặc xảy ra sự cố trong toàn đường dây. Kể từ phụ tải đến máy phát điện dây chì đều phải căn cứ vào từng cấp dòng điện định mức của dây chì để quyết định, dòng điện ở mỗi đoạn ít nhất phải lớn hơn dòng điện ở đoạn trước.

Với mỗi đoạn tiết diện tiêu chuẩn của dây dẫn có ghi rõ dòng điện liên tục cho phép I_{cf} . Dòng điện này phải lớn hơn hay bằng dòng điện công tác đường dây:

$$I_{cf} \geq I_p$$

Căn cứ vào điều kiện phát nóng, việc lựa chọn tiết diện dây có thể tiến hành theo trình tự sau: trước hết xác định dòng điện công tác I_p và dựa vào đó tính dòng điện định mức của dây chì. Rồi dựa vào điều kiện của dòng điện quá tải để thử lại dòng điện định mức. Trên cơ sở đó tra bảng để xác định tiết diện dây dẫn. Cuối cùng đối chiếu với bảng ghi dòng điện phụ tải cho phép để xét điều kiện $I_{cf} \geq I_p$ phù hợp chưa.

2. Chọn tiết diện dây dẫn xoay chiều 1 pha và đường dây một chiều theo tổn thất điện áp cho phép:

Tiết diện cần thiết tính theo công thức gần đúng sau đây:

$$S = \frac{2}{\gamma \Delta U \cdot U_{dm}} (p_1 l_1 + p_2 l_2 + p_3 l_3)$$

Phần trong ngoặc giống như một công thức cơ học nên còn gọi là tổng số mômen của phụ tải. Trong đó: γ - điện dẫn suất của dây tính bằng $\frac{m}{\Omega mm^2}$

Đối với dây cáp đồng: $\gamma = 54$

Đối với dây nhôm: $\gamma = 32$

Đối với dây thép dùng trị số trung bình: thép một sợi $\gamma = 7$, thép nhiều sợi $\gamma = 7,7$.

U_{dm} - điện áp định mức của mạng điện (V).

ΔU - tổn thất điện áp cho phép (V);

P - phụ tải nơi dùng điện (W);

S - tiết diện dây (mm^2);

l - chiều dài đoạn dây (m).

Khi tính tiết diện dây, tổn thất điện áp ΔU thường quy định trước không thay đổi.

3. Ví dụ: Chọn tiết diện cần thiết của một dây dẫn nhôm trần dùng làm đường dây một chiều trên không. Tổn thất điện áp cho phép là 5% điện áp định mức 220V.

Ta có sơ đồ mặt bằng và sơ đồ tính toán của đường dây như hình dưới. Độ dài đoạn dây tính bằng mét, phụ tải bằng kW. Giả sử toàn đường dây dùng một tiết diện.

Công suất tải của đoạn dây thứ nhất bằng: $2500 + 1000 + 2000 = 5500\text{W}$. Đoạn dây thứ hai và đoạn dây cuối bằng 3000W và 2000W . Sau đó tìm tổng mômen của phụ tải bằng:

$$p_1 l_1 + p_2 l_2 + p_3 l_3 = 5500 \times 100 + 3000 \times 50 + 2000 \times 100 = 900.000 \text{ Wm.}$$

Tổn thất điện áp cho phép bằng $\frac{5}{100} \times 220 = 11\text{V}$. Do đó tiết diện cần thiết của dây nhôm không được nhỏ hơn:

$$S = \frac{2}{\gamma \Delta U_{\text{dm}}} (p_1 l_1 + p_2 l_2 + p_3 l_3) = \frac{2 \times 900000}{32 \times 11 \times 220} = 23\text{mm}^2$$

Ta chọn tiết diện tiêu chuẩn là 25mm^2 (dây dẫn nhôm loại A - 25). Kiểm nghiệm lại theo điều kiện phát nóng, ta có dòng điện qua đoạn đầu đường dây là:

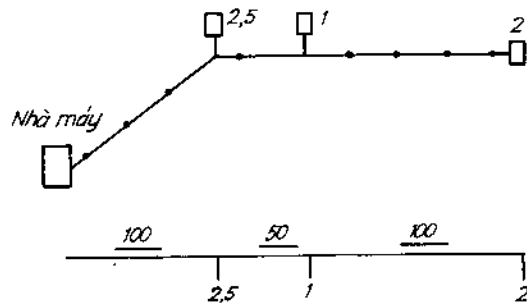
$$I_p = \frac{P_{\text{tt}}}{U} = \frac{P_c \cdot U_c}{U_{\text{dm}}} = \frac{5.500 \times 1}{220} = 25\text{A}$$

Dòng điện cho phép chạy liên tục trong dây dẫn A-25 là $I_{\text{cf}} = 135\text{A}$. Như vậy $I_{\text{cf}} > I_p$ và thỏa mãn điều kiện phát nóng. Song đối với điều kiện này có thể cho phép sử dụng dây có tiết diện nhỏ hơn.

3. Chọn tiết diện dây dẫn điện xoay chiều 3 pha theo tổn thất điện áp cho phép:

Tính tiết diện dây theo công thức gần đúng sau:

$$S = \frac{1}{\gamma \Delta U \cdot U_{\text{dm}}} (p_1 l_1 + p_2 l_2 + p_3 l_3)$$



Hình 4.29: Sơ đồ mặt bằng và sơ đồ tính toán

Hai công thức tính tiết diện ở 2 trường hợp trên chỉ khác nhau con số 2 ở tử số. Nó có nghĩa nếu hai đường dây có cùng một điện áp định mức và công suất tải như nhau thì tổn thất điện áp trong đường dây 3 pha nhỏ hơn 1/2 tổn thất điện áp trong đường dây 1 pha. Khi dùng công thức trên cần phải lưu ý 2 trường hợp đường dây phụ tải không có điện cảm (phụ tải và sinh hoạt) và đường dây phụ tải có điện cảm (loại động lực) để xác định ΔU cho đúng. Đối với đường dây loại động lực ($\cos \varphi < 1$) vì phải dẫn cả công suất tác dụng và công suất phản kháng nên tổn thất điện áp tăng lên so với đường dây chỉ dẫn công suất tác dụng P.

Khi chọn tiết diện dây dẫn quyết định dùng dây đồng, nhôm hay sắt còn tùy thuộc điều kiện kinh tế - kĩ thuật. Chẳng hạn dây đồng hiếm, giá thành cao... thì phải thay dây thép hay nhôm. Nhưng dùng dây thép mà tổn thất điện áp quá nhiều so với tổn thất điện áp cho phép thì phải dùng dây nhôm để tính lại tổn thất. Nếu cũng không bảo đảm, phải tăng thêm tiết diện hoặc lại phải dùng dây đồng.

Về phương thức tải điện thì tùy tính chất của các hộ dùng điện (chạy nóng hay thấp sáng) mà quyết định. Phải so sánh kinh tế - kĩ thuật mới quyết định. Vì nếu tải 1 pha 2 dây sẽ phải dùng tiết diện dây lớn hơn khi tải 3 pha 4 dây với cùng một khoảng cách và cùng một công suất tải, đồng thời tiết diện dây trung tính của phương thức 1 pha 2 dây phải dùng bằng tiết diện dây pha. Mặt khác tổn thất điện áp có nhiều hơn so với 3 pha 4 dây.

Đối với các đường dây trên không của các thị trấn, nông thôn, đa số trường hợp tính toán theo điều kiện tổn thất điện áp cho phép để chọn tiết diện dây dẫn, còn điều kiện phát nóng là để thử lại.

Ngoài ra, khi chọn tiết diện dây dẫn phải đảm bảo độ bền cơ học. Vì dây dẫn mắc trên cột hoặc giá đỡ phải chịu sức nặng của bản thân và lực của gió bão tác động vào. Khoảng cách giữa 2 cột càng lớn càng phải đòi hỏi dây có tiết diện và có độ bền lớn. Phải đảm bảo tiết diện chọn lớn hơn hoặc bằng tiết diện cho phép nhỏ nhất $S \geq S_{\min}$ (bảng 4.14).

Đối với dây trung tính vì thực tế mang điện không bảo đảm phân bố đều giữa các pha, nên luôn có dòng điện không cân bằng qua dây trung tính. Vì vậy tiết diện dây trung tính của hệ thống 4 dây thường được chọn bằng $S_{\text{tn}} = \left(\frac{1}{2} \div \frac{2}{3} \right) S_{\text{pha}}$. Nhưng nếu không bảo đảm độ bền cơ học có thể chọn bằng tiết diện dây pha.

Bảng 4.14. Tiết diện cho phép nhỏ nhất của dây dẫn

Loại đường dây	Tiết diện nhỏ nhất (mm ²)	
	Đồng	Nhôm
Dây dẫn cho đèn sáng trong nhà	0,50	
Dây dẫn cho đèn chiếu sáng ngoài nhà	1,00	
Dây mềm dẫn điện cho thiết bị di động trong nhà	1,00	
Dây cách điện đặt trên sứ ở trong nhà cách nhau 1 ÷ 2m	1,50	4,00
Dây cách điện đặt trên sứ ở trong nhà cách nhau 6m	2,50	4,00
Dây cách điện đặt trên sứ trong nhà cách nhau dưới 12m	4,00	10,00
Dây trần dây cách điện đặt ngoài nhà	4,00	10,00
Dây trần dùng cho đường dây trên không	6,00	16,00

Chương 5

NHÀ MÁY CỦA TRẠM THUỶ ĐIỆN NHỎ

Nhà máy là một bộ phận chủ yếu của trạm. Các thiết bị cơ khí thuỷ lực, thiết bị điện và một số thiết bị phụ đặt trong nhà máy. Vận hành, sửa chữa các thiết bị đều tiến hành trong nhà máy. Vì vậy thiết kế nhà máy cho hợp lí, kinh tế, vận hành và sửa chữa tiện lợi là rất cần thiết.

Cách bố trí và kết cấu nhà máy do nhiều nhân tố quyết định như: bố trí toàn thể trạm, cột nước, công suất tổ máy, số lượng và kiểu tổ máy, cách bố trí thiết bị điện, địa hình, địa chất, thuỷ văn, vật liệu v.v... Tuy nhiên đối với trạm thuỷ điện nhỏ, nhân tố quyết định chủ yếu đối với cách bố trí và kết cấu nhà máy là công suất tổ máy và cột nước, vì nó quyết định loại tuốcbin, loại tuốcbin lại quyết định cách bố trí. Dựa vào đó có thể phân trạm thuỷ điện nhỏ ra làm 2 loại cơ bản:

Nhà máy cột nước thấp dùng với cột nước 6m trở xuống. Loại này chịu áp lực nước thượng lưu, làm việc như đập ngăn, yêu cầu ổn định cao.

Nhà máy cột nước cao với cột nước trên 6m. Loại này thường xây theo kiểu sau đập, đường dẫn, dùng ống dẫn đưa nước có áp vào tuốcbin, nhà máy không chịu áp lực phía thượng lưu, nên kết cấu đơn giản và rẻ hơn.

5.1. BỐ TRÍ NHÀ MÁY

5.1.1. Quy định kích thước nhà máy

Khi bố trí nhà máy chủ yếu thoả mãn việc vận hành trạm được thuận tiện. Kích thước mặt bằng và cao trình các tầng của nhà máy phải được bố trí một cách hợp lí và kinh tế. Xác định chiều rộng, chiều dài và chiều cao nhà máy nên căn cứ vào hình thức tổ máy, số tổ máy, cách bố trí thiết bị phụ, đường viền ngoài cùng với phương thức lắp máy và sửa chữa... Nói chung khi bố trí trước hết nên căn cứ vào hình thức tổ máy đã chọn để định ra kích thước giữa tổ máy và cao trình lắp máy, sau đó xác định kích thước chi tiết các bộ phận nhà máy.

Nhà máy trực đứng, buồng hờ, khoảng cách giữa các tổ máy thường xuyên quyết định bởi kích thước bao ngoài của tuốcbin và máy phát điện, tức là đường kính ngoài của máy phát điện cộng thêm đường đi lại giữa 2 tổ máy từ $1 \div 1,5\text{m}$; hoặc bằng chiều rộng nhỏ nhất của buồng tuốcbin cộng thêm chiều dày của tường ngăn giữa từ $0,8 \div 1,0\text{m}$. Cuối cùng trong 2 số đó, ta chọn trị số lớn nhất. Nếu như chiều rộng buồng thoát lớn hơn chiều rộng

buồng tuốcbin thì nên lấy chiều rộng của buồng thoát để định kích thước giữa tổ máy. Nếu cạnh tổ máy có bố trí máy điều tốc thì nên tính diện tích chỗ máy điều tốc chiếm.

Nhà máy trục đứng hoặc trục ngang kiểu buồng xoắn kín thì việc quyết định kích thước giữa các tổ máy cũng giống như trên, tức là căn cứ vào kích thước của ống thoát và buồng xoắn cộng thêm chiều rộng đi lại nhỏ nhất ở giữa. Khi công suất tổ máy tương đối lớn thì thường một đầu nhà máy gần đường giao thông, bố trí một diện tích bằng diện tích một tổ máy làm sân lắp máy để thuận tiện lắp máy và sửa chữa. Khi đã có chiều rộng sân lắp máy, số tổ máy, khoảng cách giữa các tổ máy và chừa đường đi lại thì có thể tìm được tổng chiều dài nhà máy.

Chiều rộng của nhà máy xác định trên cơ sở căn cứ vào cách bố trí tuốcbin, máy phát điện, máy điều tốc... và kích thước bao ngoài của nó cùng với chiều rộng đường đi phía thượng lưu và hạ lưu nhà máy mà xác định. Khi có yêu cầu về đi lại và bố trí bảng phân phối điện ở phía thượng và hạ lưu nhà máy thì chiều rộng đường đi lại đó không được nhỏ hơn 1m.

Cao trình lắp tuốcbin cách mực nước hạ lưu thấp nhất không được nhỏ hơn trị số H_s .

Sau khi xác định được cao trình tâm tuốcbin, căn cứ kích thước đoạn tổ máy và tình hình thay đổi mực nước thượng hạ lưu sẽ định ra được cao trình mặt sàn buồng máy. Thông thường cao trình mặt sàn buồng máy cao hơn mực nước hạ lưu cao nhất là 0,5m (nhà máy trục đứng, kiểu hở nên cao hơn mực nước cao nhất thượng lưu là 0,5m).

Chiều cao nhà máy quyết định bởi chiều cao buồng máy. Nếu do yêu cầu lắp máy mà trong nhà máy bố trí dầm lắp máy (hoặc dầm cân trục) thì nên chừa một khoảng cách không nhỏ hơn $0,2 \div 0,5$ m giữa móc treo vật lắp và thiết bị trong nhà máy.

Kết cấu bộ phận trên nước không bị ảnh hưởng của mực nước thay đổi, nên có thể dùng các kích thước của kiểu nhà dân dụng. Vật liệu sử dụng bộ phận kết cấu này nên tận dụng dùng gạch, gỗ, đá...

Kết cấu bộ phận dưới nước thường chịu áp lực nước, cho nên khi thiết kế cần phải xem xét kỹ các lực tác dụng. Ở các trạm nhỏ thường bộ phận dưới nước dùng đá xây, còn trạm lớn thường dùng kết cấu bê tông, bê tông cốt thép.

5.1.2. Bố trí phần dưới nước

Bố trí phần này có liên quan từ kiểu tuốcbin đã chọn.

1. Phần dưới của nhà máy đặt tuốcbin trục đứng, buồng hở:

Phải đảm bảo phần này có đủ độ ổn định, các bộ phận đều sử dụng được an toàn, hình dạng hợp với điều kiện thủy lực. Ngoài ra phải cố gắng giảm nhỏ khối lượng phần dưới. Bộ phận dưới nước của loại nhà máy này bao gồm cửa lấy nước, buồng tuốcbin, ống thoát và buồng thoát nước.

Cửa lấy nước là một phần quá độ nối buồng tuốcbin với kênh dẫn nước (nếu trạm kiểu lòng sông thì nối với hồ ở thượng lưu). Tường ngăn kéo dài từ buồng tuốcbin đến cửa lấy nước dùng làm trụ mố chia cửa lấy nước và buồng ra một số khoang bằng nhau tùy theo số lượng tuốcbin. Trước cửa lấy nước bố trí lưới chắn rác, cánh cửa công tác và cánh cửa (hoặc phai) sửa chữa. Cánh cửa làm việc dùng đóng mở cho nước vào buồng tuốcbin, còn cánh cửa sửa chữa để khi cần kiểm tra tu sửa cánh cửa chính, lưới chắn rác. Lưới chắn rác bố trí ở trước cánh cửa chính nghiêng một góc $70 \div 80^\circ$.

Cạnh trên lưới chắn rác tốt nhất tựa lên một dầm trên mực nước cao nhất và cạnh dưới phải đặt dưới mực nước thấp nhất ở thượng lưu. Để điều khiển cánh cửa làm việc, cửa sửa chữa (hoặc phai) và lưới chắn rác ta dùng tời quay hay máy đóng mở quay tay đặt trên một cầu công tác rộng $1,5 \div 2,0\text{m}$.

Chiều dài đoạn dẫn nước quyết định do cách bố trí cánh cửa, lưới chắn rác, cầu công tác, thông thường dài từ $4 \div 8\text{m}$. Để có thể rút ngắn đoạn này có khi đặt lưới chắn rác thẳng đứng và chung một khe với cánh cửa sửa chữa. Khi trạm làm việc, bỏ cánh cửa sửa chữa ra và cho lưới chắn rác vào.

Buồng tuốcbin được cấu tạo theo kiểu hở hình chữ nhật hoặc hở xoắn. Kiểu hở xoắn có điều kiện thủy lực tốt hơn, góc ôm khoảng $250 \div 270^\circ$. Đáy và tường của buồng không được rò nước. Khi cần tháo cạn nước ở buồng phải làm một lỗ tháo xuống buồng thoát, bình thường dùng nút dẩy lỗ lại hoặc làm một cửa van nhỏ (hình 5.2).

Trong buồng thoát đặt ống thoát. Ống thoát nếu là hình nón cụt thẳng thì có thể chế tạo cùng tuốcbin, chỉ việc lắp ráp cho chắc chắn. Để tránh chấn động dùng dây giằng cố định trên thành tường của buồng thoát. Nếu ống cong thì khi thi công phần dưới nước, dùng ván khuôn để đổ ống thoát bằng bê tông liền trong khối dưới. Mặt cắt buồng thoát hình chữ nhật, cũng có khi phần trên đỉnh buồng làm thành vòm. Kích thước của buồng phải đủ tháo lưu lượng ra kênh thoát. Chiều rộng buồng thoát thường lấy bằng chiều rộng của buồng tuốcbin, cũng có khi hơi nhỏ hơn. Chiều dài buồng thoát do các thiết bị bố trí trong nhà máy (tuốcbin, máy phát và các thiết bị truyền lực) quyết định, thường kéo dài ra ngoài tường hạ lưu nhà máy từ $2 \div 4\text{m}$. Ở cuối buồng thoát làm cửa van sửa chữa, để khi cần chữa ống thoát sẽ đóng buồng lại và dùng bơm để hút nước.

Bảng 5.1. Kích thước cơ bản của tuốcbin TT300-ĐH (cm)

Tuốc bin	D	h	r	S	O	k	$h_{\min}$
TT300-ĐH59	108	54,4	80	80	86	80	55
TT300-ĐH71	126	63,1	100	100	99	100	65
TT300-ĐH84	145	72,4	100	100	115	110	75

Cửa lấy nước là một phần rất quan trọng của hệ thống tưới tiêu. Nó phải đảm bảo lấy nước sạch và không bị ô nhiễm. Để đạt được điều này, cần phải có một thiết kế cửa lấy nước phù hợp. Thiết kế cửa lấy nước phải đảm bảo lấy nước sạch và không bị ô nhiễm. Để đạt được điều này, cần phải có một thiết kế cửa lấy nước phù hợp.

Mặt cắt dọc nhà máy

Chiều dài đoạn dẫn nước từ cửa lấy nước đến bể chứa là 4m. Chiều rộng của bể chứa là 2m. Chiều cao của bể chứa là 1,5m. Chiều dài của đoạn dẫn nước từ bể chứa đến bể chứa là 4m. Chiều rộng của bể chứa là 2m. Chiều cao của bể chứa là 1,5m.

Buồng tuốcbin được cấu tạo theo kiểu hình chữ nhật hoặc hình tròn. Kiểu hình chữ nhật có ưu điểm là dễ lắp đặt và bảo trì. Kiểu hình tròn có ưu điểm là dễ lắp đặt và bảo trì.

Mặt bằng buồng máy

Trong buồng tuốcbin, chỉ việc lắp đặt cho chắc chắn. Để tránh chấn động, cần phải có một thiết kế phù hợp. Thiết kế phù hợp phải đảm bảo lấy nước sạch và không bị ô nhiễm. Để đạt được điều này, cần phải có một thiết kế cửa lấy nước phù hợp.

Mặt bằng buồng máy

Kết cấu dầm đỡ và bộ máy

Bệ máy phát điện

Dầm đỡ tuốcbin

Thép

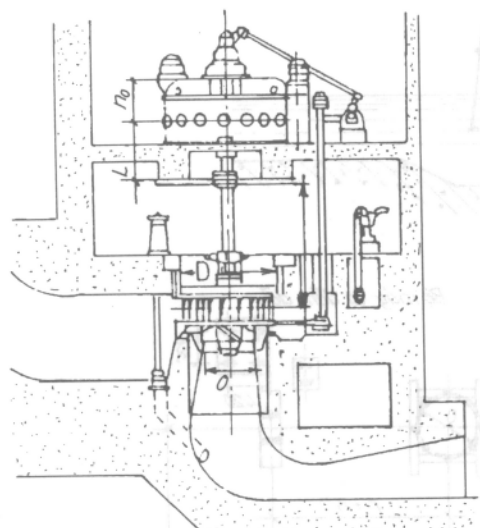
Bảng 5.1: Kích thước cơ bản của tuốcbin TT300-BH (cm)

Tuốc bin	D	Quay tay	h	k	h _{min}
TT300-BH29	108	370	80	80	22
TT300-BH71	126	200	100	90	62
TT300-BH150	150	100	100	90	22

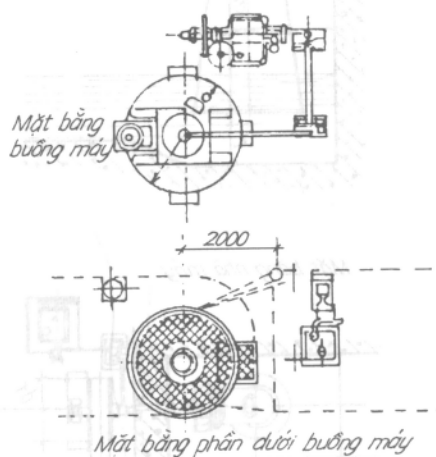
Hình 5.1: Cách bố trí tuốcbin trực đứng buồng hở và máy phát điện trực đứng

Kích thước do cột nước và mực nước (m)

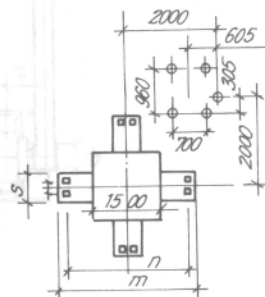
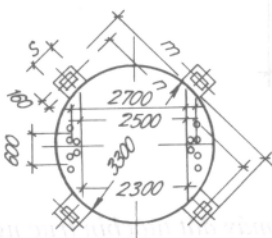
Cột nước	C	$I_{B.m}$	$I_{B.p}$	$I_{BC.m}$
2,5 ÷ 3,0	3,0	3,3	3,6	2,0
3,0 ÷ 4,0	3,5	3,8	4,1	2,0
4,0 ÷ 5,0	3,5	3,8	4,1	3,0
5,0 ÷ 6,0	4,0	4,2	4,6	3,0



Cắt dọc nhà máy



Mặt bằng móng máy phát điện

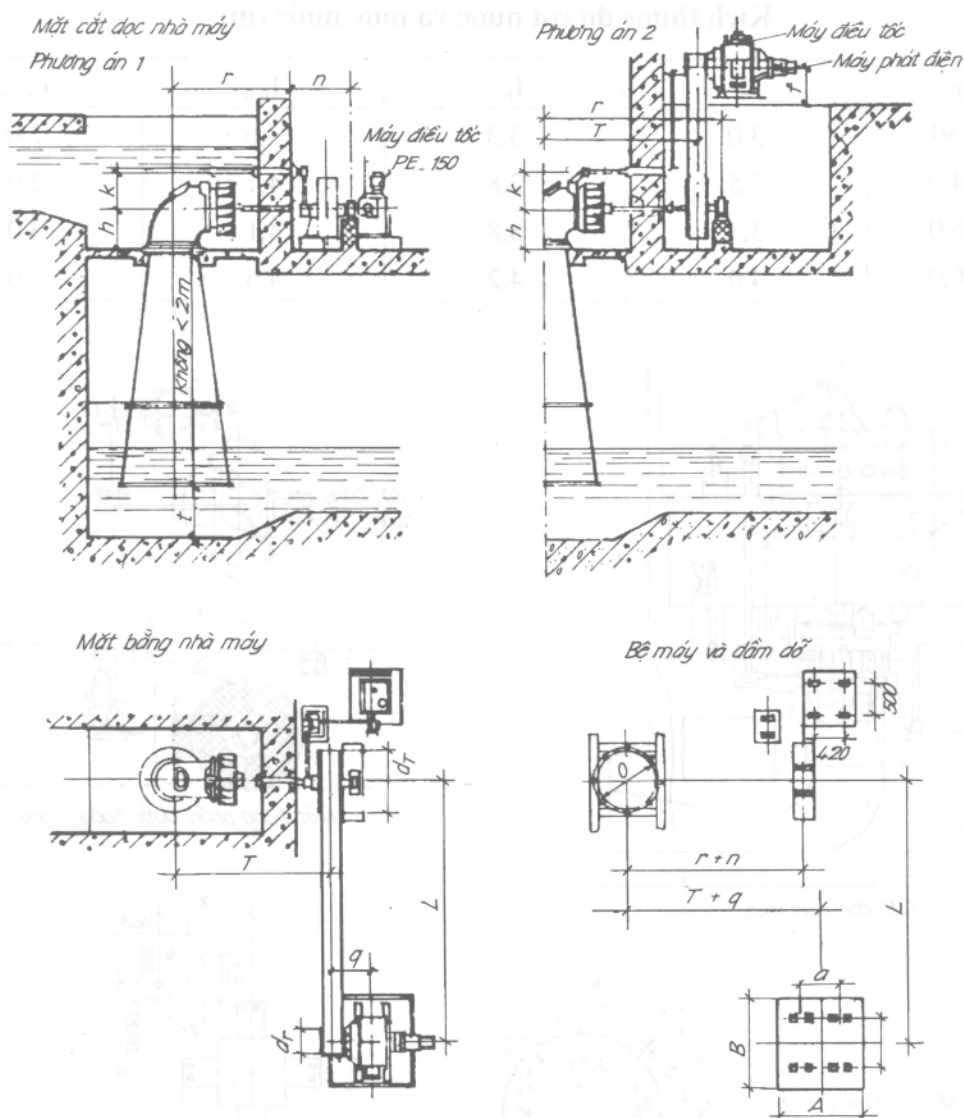


Mặt bằng móng máy điều tốc và máy phát điện

Hình 5.2: Cách bố trí tuốcbin trực đứng nối trực tiếp với máy phát điện, ống thoát nước cong

Bảng 5.2. Kích thước máy phát điện đồng bộ trực đứng và móng (cm)

Loại máy phát	m	n	e	g	t	A	B
CFB 35/6	80	86	-	60	35,0	40	120
CFB 60/6	80	86	-	60	35,0	40	120
CB 11-4-6	112	70	17,0	72	25,0	50	110
CB 12-5-8	114	90	19,6	84	37,5	50	130



Hình 5.3: Cách bố trí nhà máy đặt tuabin trực ngang kiểu hở nối với máy phát điện bằng dây truyền phẳng

Bảng 5.3. Kích thước cơ bản máy phát điện đồng bộ trực đứng (CQ) tính cm

Loại máy phát điện	D_o	h_o	l	l_1	d_o	m	n	S	k
BΓC (Π) 213	250	113	214	75	210	300	260	50	20
BΓC (Π) 260	310	133	309	110	150	320	280	50	20
BΓC (Π) 325	375	130	285	120	330	440	390	50	20

Bảng 5.4. Kích thước cơ bản của tuốcbin cánh quay

Loại tuốcbin	Kích thước (cm)				
	D	l	b	O	R
CQ70 - DB 120	200	240	50	120	185
CQ70 - DB 160	250	260	60	160	315
CQ70 - DB 200	310	280	75	200	350

Bảng 5.5. Kích thước cơ bản của tuốcbin TT300 - NH

Loại tuốcbin	Kích thước (cm)							
	Д	h	Г	K	O	Π	T	t
TT300-NH59	108	88	238	67,5	99	127	314	80
TT300-NH71	126	100	264	80,5	115	132	343	100
TT300-NH84	145	114	295	93,5	131	137	377	110

Bảng 5.6. Kích thước máy phát điện trực ngang và móng máy (cm)

Loại máy phát	a	q	f	n	e	A	B
CI1-4-5	49	62	45,5	70	17,0	90	110
CI2-5-8	56	68	60,0	90	19,6	96	130
CI 35/6	14	46	34,5	86	-	88	160

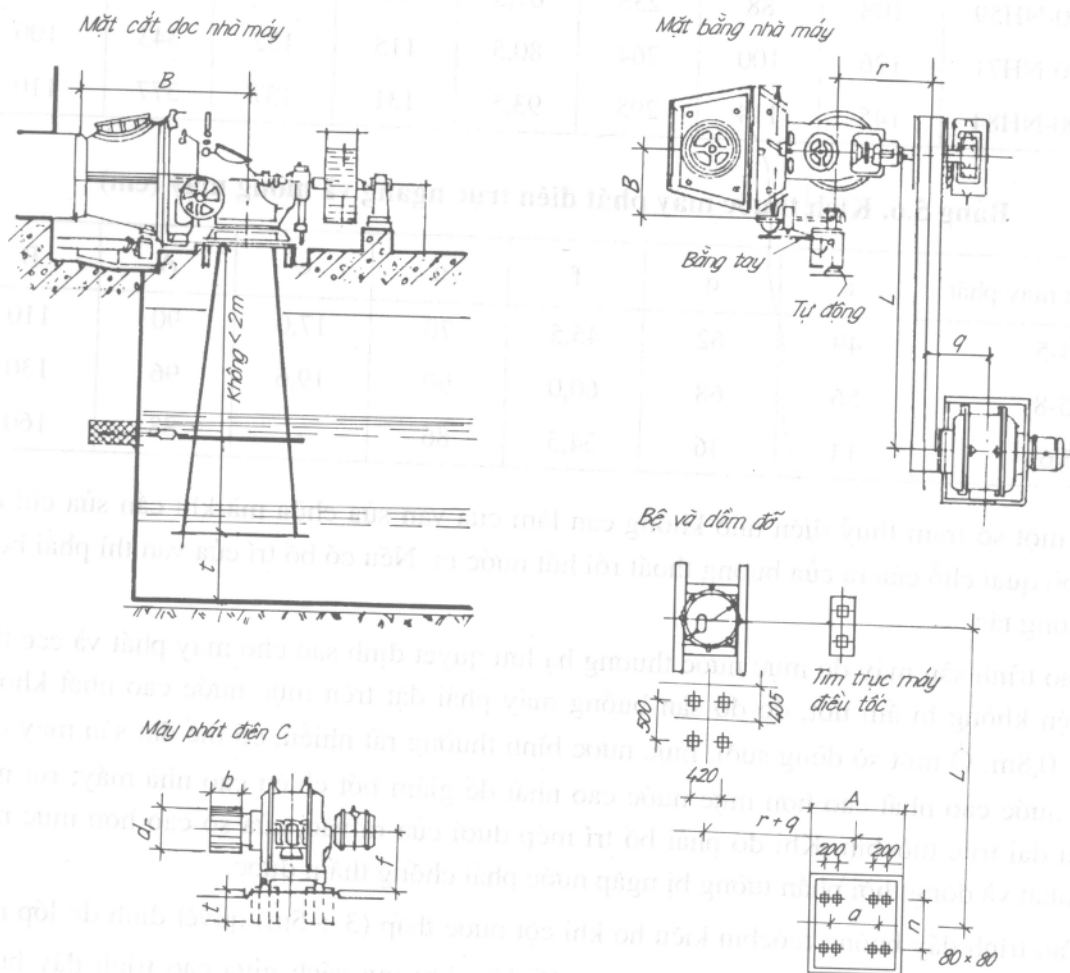
Ở một số trạm thủy điện nhỏ không cần làm cửa van sửa chữa mà khi cần sửa chỉ đắp một bờ quai chỗ cửa ra của buồng thoát rồi hút nước ra. Nếu có bố trí cửa van thì phải bố trí cầu công tác.

Cao trình sàn máy do mực nước thượng hạ lưu quyết định sao cho máy phát và các thiết bị điện không bị ẩm ướt, do đó sàn buồng máy phải đặt trên mực nước cao nhất khoảng $0,6 \div 0,8\text{m}$. Ở một số dòng suối, mực nước bình thường rất nhiều, có thể đặt sàn máy dưới mực nước cao nhất cao hơn mực nước cao nhất để giảm bớt chiều cao nhà máy; rút ngắn chiều dài trục tuốcbin. Khi đó phải bố trí mép dưới cửa ra vào, cửa sổ cao hơn mực nước cao nhất và đồng thời phần tường bị ngập nước phải chống thấm được.

Cao trình đáy buồng tuốcbin kiểu hở khi cột nước thấp ($3 \div 5\text{m}$) quyết định do lớp nước $h_{\min}$ trong buồng. Ở trạm cột nước tương đối lớn, khoảng cách giữa cao trình đáy buồng tuốcbin với mực nước thấp nhất hạ lưu phải sao cho chiều cao hút H_s thực tế không vượt quá phạm vi cho phép.

Cao trình đáy buồng thoát cũng phải xác định chính xác. Định miệng ra của ống thoát ngập dưới mực nước thấp nhất $0,3 \div 0,6\text{m}$. Miệng ra ống thoát nón cắt phải cách đáy buồng khoảng $C = (1,0 \div 1,5) D_1$. Vì vậy đáy buồng phải ở dưới mực nước hạ lưu thấp nhất 1 trị số $(0,3 \div 0,6\text{m}) + (1,0 \div 1,5) D_1$. Nếu đáy buồng thoát thấp hơn đáy kênh xả nước thì phải làm một đoạn dốc ngược để nối tiếp (hình 5.1).

Bố trí mặt bằng phần dưới có quan hệ với số lượng tổ máy. Hình dạng và kích thước của phần dưới phải phối hợp với cách bố trí mặt bằng phần trên nhà máy. Phần dưới phải là nền móng của thành tường phần trên. Nguyên tắc bố trí phần dưới của nhà máy đặt tuốcbin trực ngang và buồng hở vẫn như trên, chỉ khác kích thước và chiều sâu mực nước cần thiết của buồng tuốcbin (hình 5.3).



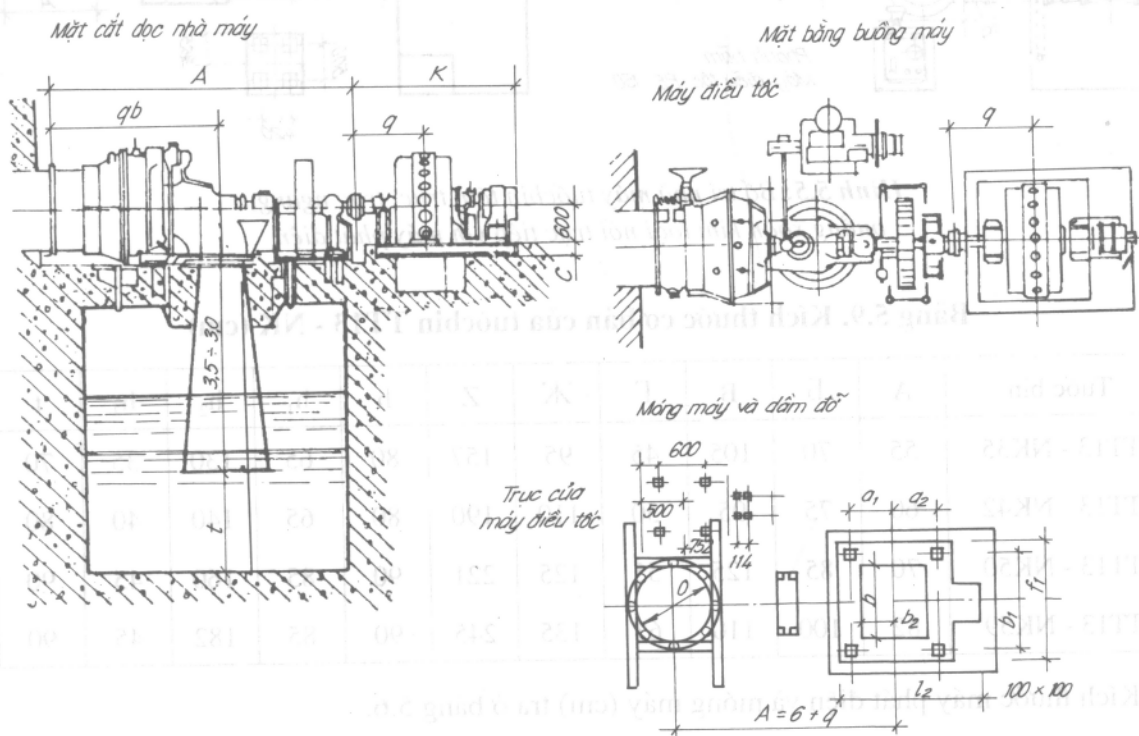
Hình 5.4a: Cách bố trí nhà máy tuốcbin trực ngang kiểu chính diện, dây truyền thẳng

Bảng 5.7. Kích thước cơ bản của tuốc bin TT300-NT

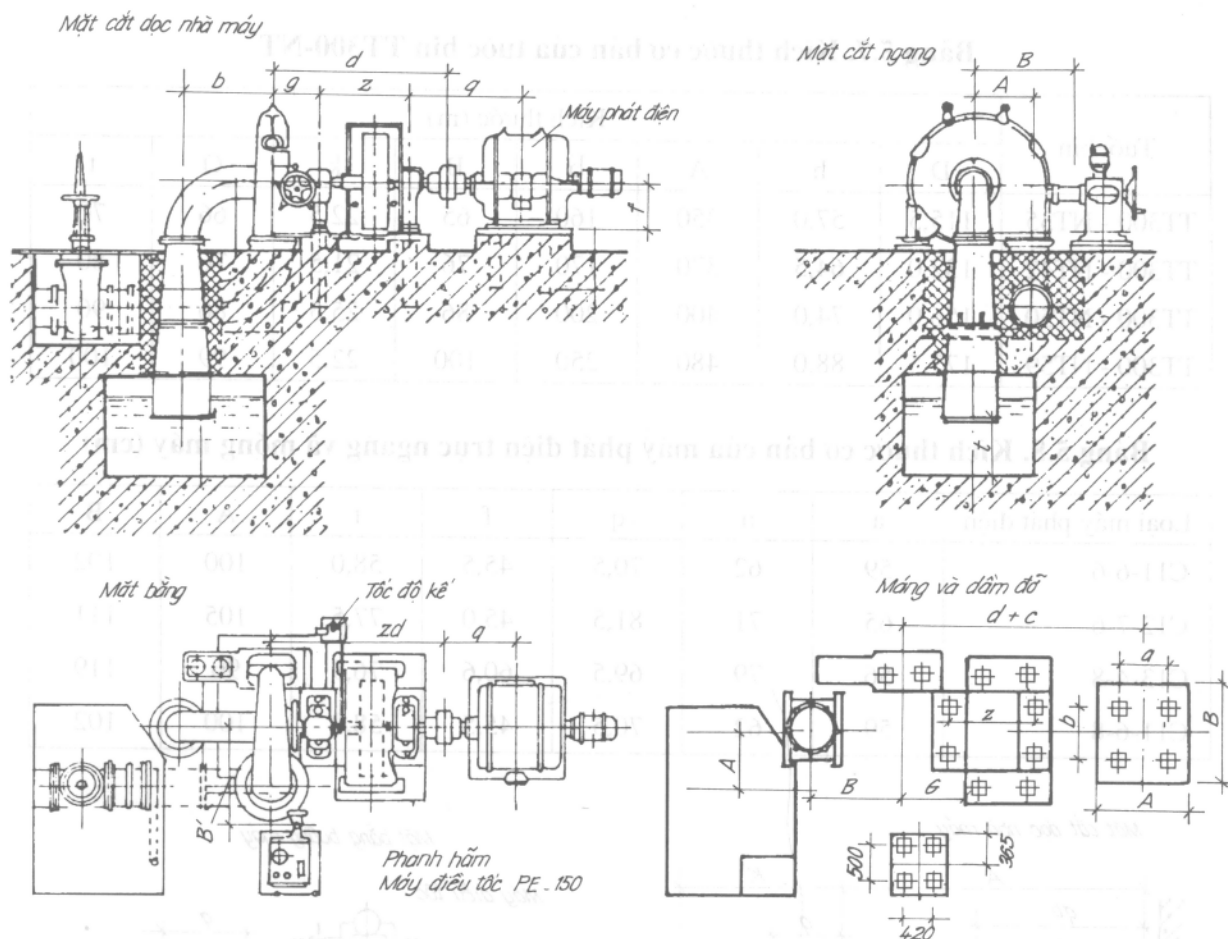
Tuốcbin	Kích thước (m)							
	D	h	A	Б	B	k	O	t
TT300 - NT35	115,5	57,0	350	160	65	22,5	66	70
TT300 - NT42	132,0	64,5	370	170	76	21,5	76	80
TT300 - NT50	156,0	74,0	400	200	86	25,5	86	90
TT300 - NT59	177,5	88,0	480	250	100	22,5	99	100

Bảng 5.8. Kích thước cơ bản của máy phát điện trục ngang và móng máy (cm)

Loại máy phát điện	a	n	q	f	t	A	B
C11-6-6	59	62	70,5	45,5	58,0	100	102
C12-7-6	65	71	81,5	45,0	77,5	105	111
C13-4-8	56	79	69,5	60,6	76,5	96	119
C11-6-8	59	62	70,5	45,5	58,0	100	102



Hình 5.4b: Cách bố trí nhà máy tuốcbin trục ngang buồng chính điện, nối trực tiếp với máy phát điện đồng bộ C (xem kích thước bảng 5.7 và 5.8)



Hình 5.5: Bố trí nhà máy tuốcbin tâm trục, trục ngang, buồng xoắn kim loại nối trực tiếp với máy phát điện

Bảng 5.9. Kích thước cơ bản của tuốcbin TT13 - NK (cm)

Tuốc bin	A	B	B	Γ	$\mathcal{K}$	Z	h	h_1	h_2	h_3	t
TT13 - NK35	55	70	105	45	95	157	80	65	130	35	70
TT13 - NK42	60	75	95	50	110	190	80	65	140	40	80
TT13 - NK50	70	85	125	55	125	221	90	85	160	45	90
TT13 - NK59	82	100	110	63	135	245	90	85	182	45	90

Kích thước máy phát điện và móng máy (cm) tra ở bảng 5.6.

2. Bố trí phần dưới của nhà máy đặt tuốcbin trục ngang, buồng kim loại kín:

Vì nước qua ống dẫn có áp vào tuốcbin, nên cao trình phần dưới không có liên quan gì đến mực nước thượng lưu.

Cao trình của đáy buồng thoát và vị trí cửa ra của ống thoát quyết định bởi mực nước hạ lưu thấp nhất. Cách xác định như ở trường hợp trên.

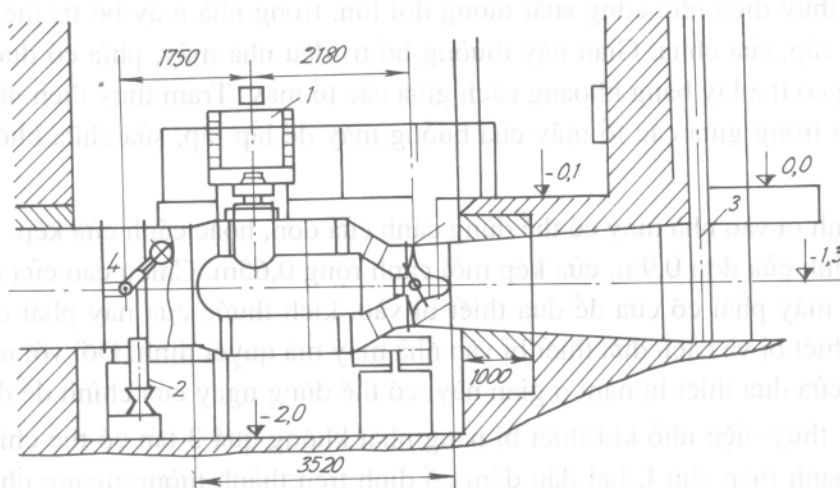
Sàn máy thường cao hơn mực nước hạ lưu cao nhất khoảng $0,6 \div 0,8\text{m}$. Vị trí đặt tuốcbin cũng phải hạn chế theo chiều cao hút cho phép H_s , do đó mà có khi cao trình sàn máy phải đặt thấp hơn mực nước cao nhất ở hạ lưu. Như vậy cửa ra vào, cửa sổ phải ở trên mực nước hạ lưu cao nhất, phần tường ngập nước phải chống thấm tốt.

Ở buồng tuốcbin kiểu chính diện, cao trình trung tâm của đoạn cuối ống dẫn nước có áp trùng với cao trình trục tuốcbin. Trục của tổ máy nói chung đều song song với đường trung tâm buồng thoát. Có một số trường hợp do điều kiện địa hình mà trục tổ máy thẳng góc với đường trung tâm của buồng thoát (hình 5.4).

Ở buồng tuốcbin kiểu xoắn, đoạn cuối ống dẫn nước có áp dẫn vào nhà máy thường đặt dưới sàn máy (hình 5.5).

3. Bố trí nhà máy đặt tuốcbin kiểu chảy thẳng trục ngang, nối với máy phát điện bằng hộp chuyển tốc.

Tổ máy này làm việc ở cột nước $5 \div 15\text{m}$ có công suất tối đa 500kW số vòng quay tuốcbin $n_T = 482$ vòng/phút, máy phát điện có $n_{mfd} = 1000$ vòng/phút do đó truyền lực từ tuốcbin qua máy phát điện bằng hệ bánh xe răng khía. Dùng van đĩa đặt trước tuốcbin để đóng mở. Bánh xe quay của loại này có 4 cánh bằng thép không gỉ. Cánh có thể điều chỉnh được nhờ máy điều tốc kiểu gián tiếp có thùng dầu áp lực. Việc bố trí và các kích thước của tổ máy tham khảo trên hình 5.6.



Hình 5.6: Tổ máy trục ngang kiểu chảy thẳng (cáp sun) truyền động bằng bánh khía.

1. Máy phát điện; 2. Động cơ truyền động điều khiển của van; 3. Van sửa chữa; 4. Van đĩa.

5.1.3. Bố trí phân trên mặt nước

Chủ yếu là do hình thức tổ máy, công suất và phương pháp đấu dây điện quyết định. Đối với trạm thủy điện nhỏ, phân trên chỉ cần làm một buồng máy. Trong buồng máy đặt những thiết bị: máy phát kèm máy kích từ, thiết bị truyền lực, máy điều tốc, tủ phân phối điện, đầm lắp ráp hoặc cần trục. Ở nhà máy cột nước tương đối cao, trong buồng máy còn bố trí van cuối ống dẫn nước có áp trước buồng tuốcbin. Đường kính ống nhỏ (dưới 0,8m) thường dùng loại van phẳng điều khiển bằng tay hoặc bằng điện. Đường kính ống lớn dùng loại van đĩa quay. Sát tường hướng dọc buồng máy (thông thường phía hạ lưu) để một lối đi rộng khoảng 1,5 ÷ 2,5m. Khoảng cách giữa các máy không nhỏ hơn 1m, giữa tường và máy không nhỏ hơn 0,7m. Để bảo đảm an toàn vận hành, các bộ phận truyền động (bánh đà, trục, dây truyền lực) phải có lưới chắn bao quanh. Tủ phân phối điện bố trí sát một bên tường, sao cho từ chỗ máy điều tốc có thể nhìn thấy rõ các đồng hồ đo để tiện điều khiển. Ngoài ra còn phải bảo đảm đường dây điện ra thuận tiện. Trước tủ phân phối điện chừa một khoảng rộng từ 1,5 ÷ 2m để tiện quản lý vận hành. Ở trạm thủy điện nhỏ có 1 tổ máy, các đồng hồ đo, thiết bị bảo vệ và phân phối đều đặt trên một tủ phân phối. Tủ này có thể là kiểu treo hay kiểu giá đỡ. Chiều cao khoảng 2,2m, rộng 0,9m, dày khoảng 0,6m. Trạm có vài tổ máy cần có 1 số tủ phân phối. Ở phía sau tủ phải chừa một khoảng không nhỏ quá 1m để vào kiểm tra, sửa chữa. Tốt nhất đặt tủ ở nơi tránh được ánh nắng trực tiếp chiếu vào gây loá mắt làm cho nhân viên điều khiển kém chính xác.

Các dây cáp từ tổ máy đến tủ phân phối đặt trong rãnh nhỏ dưới sàn máy. Để bảo đảm an toàn, mặt rãnh cần lát gỗ hoặc tấm bê tông cho thật phẳng (hình 6.8).

Ở buồng tuốcbin hờ, sàn máy phải bố trí lỗ người chui vào để kiểm tra sửa chữa.

Ở trạm thủy điện nhỏ công suất tương đối lớn, trong nhà máy bố trí thêm gian lắp máy để tiện lắp ráp, sửa chữa. Gian này thường bố trí đầu nhà máy, phía có đường giao thông. Chiều rộng có thể lấy bằng khoảng cách giữa các tổ máy. Trạm thủy điện nhỏ nên tận dụng các khoảng trống giữa các tổ máy của buồng máy để lắp ráp, sửa chữa không cần có gian lắp máy.

Cửa chính ra vào nhà máy có thể dùng cánh cửa đơn, hoặc cánh cửa kép. Chiều rộng nhỏ nhất của cánh cửa đơn 0,9m, cửa kép mỗi cánh rộng 0,65m. Chiều cao cửa nói chung bằng 2,3m. Nhà máy phải có cửa để đưa thiết bị vào, kích thước cửa này phải căn cứ vào kích thước các thiết bị và cách đưa thiết bị vào nhà máy mà quyết định. Đối với nhà máy có gian lắp ráp thì cửa đưa thiết bị nằm ở gian này, có thể dùng ngay cửa chính để đưa thiết bị vào. Ở các trạm thủy điện nhỏ khi thiết bị nặng nhất không quá 3 tấn có thể chỉ bố trí đầm lắp ráp bằng thanh thép chữ I, hai đầu đầm cố định trên thành tường ngang nhà máy. Khi lắp ráp, sửa chữa, mắc lên đầm một ròng rọc hoặc palăng có thể kéo được trọng lượng cần thiết. Nếu công suất tổ máy nhỏ thì không cần đầm lắp ráp mà tạm thời dùng một giá ba chân, trên giá mắc ròng rọc để cầu vật lắp ráp, sửa chữa.

Chiều cao buồng máy căn cứ vào điều kiện lắp ráp và sửa chữa mà quyết định. Các bộ phận được cấu lên phải cách các bộ phận ở sàn máy theo phương vận chuyển của nó, tối thiểu 0,5m để tránh va chạm. Khoảng cách mặt trên dầm lắp ráp đến trần nhà lấy từ $0,3 \div 0,5\text{m}$. Nhà máy phải bố trí cửa sổ đủ ánh sáng. Tổng diện tích cửa sổ phải bằng $1/5 \div 1/6$ diện tích sàn.

Khi dẫn điện đi xa, muốn tránh tổn thất điện năng cần phải đặt máy biến áp tăng áp, đặt ở bên ngoài nhà máy, hoặc cũng có khi đặt trong buồng máy. Để bảo đảm an toàn, khi đặt trong buồng máy, phải làm tường ngăn bằng gạch, gỗ hoặc lưới thép ngăn các máy biến áp với buồng máy thành buồng biến áp riêng biệt, nền buồng được lát bằng bê tông hoặc đá xây. Gần đây phải có một hố rải sỏi phòng hỏa để khi máy biến áp bị cháy, dầu trong máy chảy xuống hố.

5.2. TÍNH TOÁN KẾT CẤU NHÀ MÁY

Kết cấu nhà máy của trạm thủy điện nhỏ thường bao gồm: khung nhà, tường, nền móng, dầm bản, vòm, bệ đỡ, buồng xoắn, ống hút, tường bên buồng hút và tấm đáy... Trong đó, dầm bản, bệ đỡ, buồng xoắn, ống hút chịu tải trọng đặc biệt, tính toán tương đối phức tạp nên giới thiệu cách tính riêng. Còn các bộ phận khác so với thiết kế xây dựng nhà cửa không khác biệt gì mấy. Riêng nguyên lý tính toán vòm tuy phức tạp, nhưng trong nhà máy của trạm thủy điện nhỏ gặp vòm không lớn, hình thức cũng tương đối đơn giản.

5.2.1. Vòm nhà

Các trạm thủy điện nhỏ thường làm vòm hình tam giác bằng gỗ. Gỗ phải khô tự nhiên, không có thớ xoắn, không có mắt gỗ. Đối với các thanh dầm dưới phải dùng gỗ tốt hơn.

Tính toán vòm chủ yếu là định nội lực, chọn tiết diện và cách nối tiếp ở các đầu vòm. Có thể tham khảo một số tài liệu tính kết cấu gỗ. Thông thường nhà máy của trạm thủy điện nhỏ có chiều rộng không quá $6 \div 8\text{m}$.

5.2.2. Tường nhà

Tường nhà của phần trên nên tận dụng vật liệu địa phương để hạ giá thành nhà máy. Có thể dùng gạch nung, đá xây, gỗ ghép...

Chiều dày thường tùy theo điều kiện khí hậu và vật liệu ở địa phương mà quyết định.

Tường bằng gạch đá, xây bằng vữa vôi, vữa xi măng. Mặt ngoài của tường có thể không trát vữa vôi mà chỉ chít mạch. Mặt trong để sáng sủa nên trát vữa quét vôi.

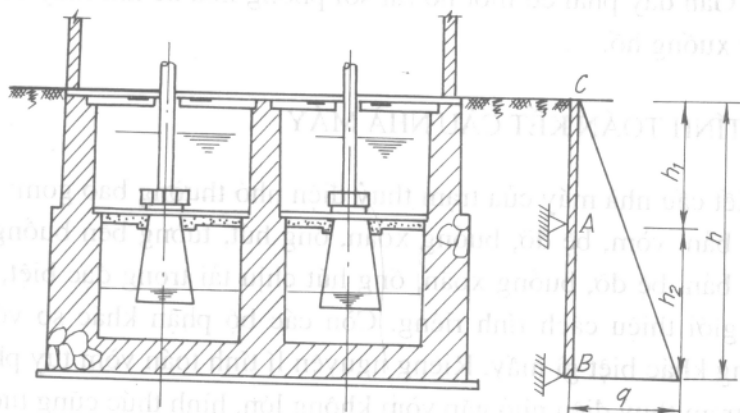
Tường bằng gỗ, mái hiên phải làm ra ngoài mặt tường $30 \div 50\text{cm}$. Nếu tường của phần trên làm trên nền thiên nhiên thì phải làm móng. Móng xây bằng gạch, bê tông hoặc đá xây. Độ sâu móng tùy theo tình hình đất nền, không nên nhỏ hơn 0,5m.

Kích thước phần đáy móng căn cứ vào ứng suất cho phép của nền và qua tính toán quyết định. Chiều rộng móng xây bằng đá học không nên nhỏ hơn 60cm, còn khi xây bằng đá phiến không nên nhỏ hơn 50cm. Chiều rộng móng ở mặt trên phải lớn hơn chiều dày của tường từ 10 ÷ 16cm. Thường mặt cắt móng có hình chữ nhật, nếu sức chịu nén của nền nhỏ cần làm rộng mặt cắt ngang móng và làm thành bậc thang.

Tỉ số nhỏ nhất giữa chiều cao và chiều rộng bậc tùy theo áp lực cho phép của đất nền và số hiệu vữa xây móng, thường thay đổi trong phạm vi 1,25 ÷ 2,00.

5.2.3. Tính tường bên và tấm đáy của phần dưới nhà máy

Nhà máy đặt tuôcbin trục đứng gồm có 3 tầng buồng: tầng buồng máy, tầng buồng tuôcbin và tầng buồng thoát nước. Tường bên của phần dưới loại này khi tính toán cường độ coi như một dầm đơn nằm trên 2 gối tựa và một đầu tự do (hình 5.7).



Hình 5.7: Sơ đồ tính toán tường bên của nhà máy trục đứng

Nhà máy đặt tuôcbin trục ngang, phần dưới gồm 2 tầng buồng: tầng buồng máy và tầng buồng thoát nước. Tường bên của loại này khi tính cường độ có thể coi sơ đồ tính toán như một dầm mà 2 đầu là gối tựa (hình 5.8).

Lực tính toán nguy hiểm nhất là trong trường hợp sửa chữa, khi đó không có áp lực nước, mà chỉ có áp lực đất đè lên dầm.

1. Tính tường bên của nhà máy tuôcbin trục ngang.

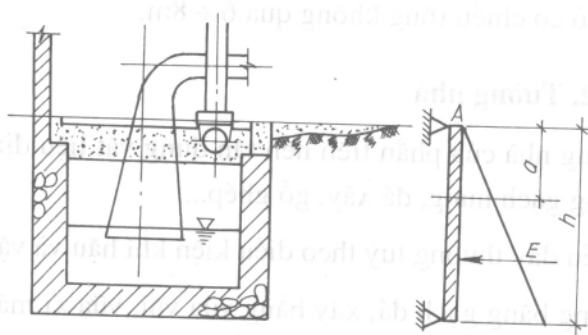
Phản lực ở 2 gối tựa bằng:

$$A = \frac{1}{3}E \text{ và } B = \frac{2}{3}E (\text{kN})$$

Trong đó:

E - tổng áp lực đất đè lên tường bên (trên 1 đơn vị chiều rộng):

$$E = \frac{1}{2} \gamma h^2 \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (\text{kN})$$



Hình 5.8: Sơ đồ tính toán tường bên của nhà máy trục ngang.

Lực cắt:
$$Q = E \left(\frac{1}{3} - \frac{x^2}{h^2} \right) , \quad (\text{kN})$$

Mômen:
$$M_x = \frac{x}{3} \left(1 - \frac{x^2}{h^2} \right) E , \quad (\text{kNm})$$

khi $x = 0,577h$ thì $M_{\max} = 0,128 hE$, (kNm)

Chiều dày tường bên tính theo công thức:

$$t = \sqrt{\frac{6M_{\max}}{[\sigma]}} , \quad (\text{m})$$

Trong đó:

$[\sigma]$ - ứng suất kéo cho phép của vật liệu làm tường bên.

2. *Tính tường bên của nhà máy đặt tuốcbin trực đứng:*

Tải trọng lớn nhất ở B bằng:

$$q = \gamma h t g^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) , \quad (\text{kN})$$

Trong đó:

h - chiều cao tường bên (m);

γ - trọng lượng riêng của đất (kN/m^3);

φ - góc ma sát trong của đất;

Phản lực ở hai gối tựa:

$$A = \frac{q(h_1 + h_2)^2}{6h_2} , \quad (\text{kN})$$

$$B = q \frac{h_1 + h_2}{2} \left(1 - \frac{h_1 + h_2}{3h_1} \right) , \quad (\text{kN})$$

Mômen uốn ở điểm A:

$$M_A = \frac{qh_1^3}{6(h_1 + h_2)} , \quad (\text{kNm})$$

Mômen cực đại:

$$M_{\max} = \frac{q}{6} \left[\frac{(h_1 + h_2)^2 x}{h_2} - \frac{(h_1 + x)^3}{h_1 + h_2} \right] , \quad (\text{kNm})$$

Trong đó:

x - khoảng cách từ mômen uốn cực đại đến gối tựa A.

$$x = 0,5774 \sqrt{\frac{(h_1 + h_2)^3}{h_2}} - h_1, \quad (\text{m})$$

Chiều dày tường bên cũng theo công thức:

$$t = \sqrt{\frac{6M_{\max}}{[\sigma]}}, \quad (\text{m})$$

3. Tính tấm đáy buồng thoát nước:

Tường bên và tấm đáy thường làm cùng một loại vật liệu là đá xây. Chỉ khi nào trạm công suất lớn, nền nhà máy xấu mới dùng bê tông và lúc đó tường bên và tấm đáy đổ liền thành khối. Tấm đáy chịu áp lực nước, trọng lượng bản thân và áp lực ngược (bao gồm lực đẩy nổi và áp lực thấm). Trong thời gian tổ máy kiểm tra và tu sửa, tấm đáy chịu áp lực ngược là chủ yếu và trọng lượng bản thân. Đó là trường hợp nguy hiểm nhất để tính tấm đáy.

Độ dày cần thiết của tấm đáy tính theo công thức:

$$t = k \frac{W_{th}}{\gamma - 1}, \quad (\text{m})$$

Trong đó:

γ - trọng lượng riêng của vật liệu làm tấm đáy (kN/m^3), đối với đá xây lấy: $\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$;

W_{th} - áp lực ngược lớn nhất trên tấm đáy (gồm áp lực thấm và lực đẩy nổi).

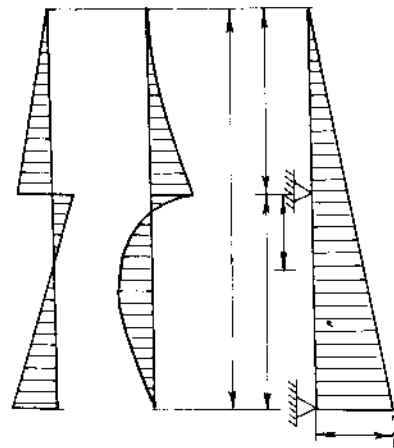
Đối với trạm thuỷ điện kiểu đường dẫn, nhà máy cách xa công trình đầu mối, nên áp lực thấm do chênh lệch mực nước thượng hạ lưu sinh ra bằng 0, chỉ còn áp lực nước đẩy nổi bằng cột nước lớn nhất ở hạ lưu.

k - hệ số an toàn, thường lấy bằng 1,1.

5.2.4. Thiết kế bệ đỡ sàn máy

Trong trạm thuỷ điện nhỏ, thiết bị cơ điện chủ yếu như tuốcbin, máy phát, máy điều tốc... thường đều được bố trí trực tiếp trên tấm sàn máy, tấm nắp và tấm đáy buồng tuốcbin tạo thành kết cấu dầm bản. Tuốcbin và máy phát cùng do dầm bản đỡ gọi là bệ đỡ kiểu dầm bản.

Kết cấu bệ đỡ kiểu dầm bản ngoài việc chịu tải trọng tĩnh (trọng lượng bản thân) còn chịu các tải trọng động là lực chủ yếu để tính toán bệ đỡ. Khi tính toán, trước hết cần chú



Hình 5.9: Giản đồ mômen và lực cắt

vào công suất, hình thức tổ máy, cách bố trí nhà máy, xác định các loại tải trọng lớn nhỏ và vị trí tác dụng của nó, sau đó dựa theo phương pháp dưới đây để tính toán.

Tải trọng mà một tổ máy chịu bao gồm các lực dưới đây: trọng lượng thiết bị, trọng lượng nước trong buồng tuốcbin, áp lực nước dọc trục tác dụng lên bánh xe quay khi làm việc. Ở tuốcbin trục đứng trọng lượng phần quay và áp lực hướng trục trên bánh xe quay do sàn buồng máy chịu, còn trọng lượng phần cố định của tuốcbin kể cả ống thoát và trọng lượng nước trong buồng tuốcbin do sàn buồng tuốcbin chịu.

Ngoài ra, còn phải xét đến trọng lượng bản thân sàn và các tải trọng tạm thời (trọng lượng người, dụng cụ sửa chữa...). Trọng lượng của tuốcbin, máy điều tốc, máy phát do nhà máy chế tạo cung cấp. Áp lực dọc trục phụ thuộc vào cột nước H , tỉ tốc n_s và D_1 tính theo công thức:

$$P_{tr} = k \gamma \frac{\pi}{4} D_1^2 H_{max} = 0,785 k \gamma D_1^2 H_{max} \quad , \quad (kN)$$

Trong đó:

D_1 - đường kính bánh xe quay (m);

H_{max} - cột nước lớn nhất (m);

k - hệ số phụ thuộc tỉ tốc n_s : tuốcbin chong chóng, cánh quay lấy $k = 1,0$. Tuốcbin tâm trục lấy $k = 0,15 - 0,40$.

Nếu	$n_s = 260$	$k = 0,40$
	$n_s = 170$	$k = 0,25$
	$n_s = 100$	$k = 0,15$

γ - trọng lượng riêng của nước bằng $9,81 \text{ kN/m}^3$, khi tính sơ bộ lấy gần đúng bằng 10 kN/m^3 .

Trọng lượng phần quay xác định theo công thức gần đúng:

Tuốcbin tâm trục: $P = 15 D_1^3 \quad , \quad (kN);$

Tuốcbin chong chóng, cánh quay: $P = 8 D_1^3 \quad , \quad (kN).$

Kết cấu bệ đỡ của tổ máy phải chịu được các lực kể trên. Vị trí và kết cấu bệ đỡ dầm bản tùy thuộc vào các loại tổ máy.

Loại tổ máy nhỏ trục đứng hoặc ngang có dây truyền lực thì bệ đỡ máy phát và máy điều tốc và kết cấu bệ đỡ của tuốcbin thường bố trí tách rời, cho nên khi thiết kế có tiến hành tính toán riêng biệt.

Loại tổ máy tuốcbin trục ngang nối trực tiếp với máy phát điện cùng với ổ tựa của trục và máy điều tốc cùng một sàn đỡ chung là trần của buồng thoát.

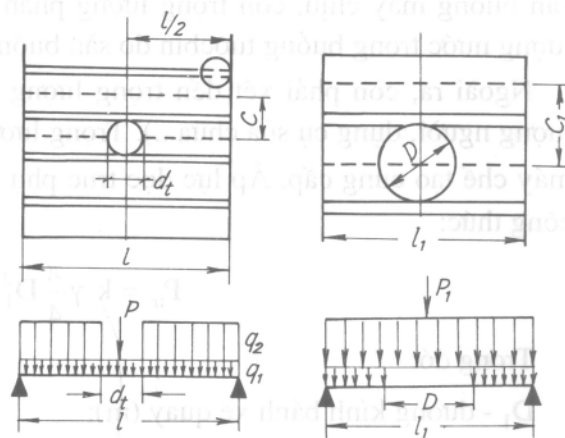
Loại tổ máy trục đứng buồng hở nối tuốcbin trực tiếp với máy phát, tải trọng truyền lên dầm đỡ tì vào 2 bên tường phần dưới nhà máy. Riêng trọng lượng của ống thoát, phần tĩnh của tuốcbin (vỏ tuốcbin, cánh hướng nước, dầm đỡ tuốcbin) truyền lên sàn buồng tuốcbin.

1. Tính kết cấu bệ đỡ của các tổ máy trực đứng:

a) Trạm đặt tuốcbin trực đứng trong buồng hở nối với máy phát bằng dây truyền hình thang

Trường hợp này tải trọng phân quay của tuốcbin truyền lên sàn máy. Tải trọng các phần khác và ống thoát truyền lên sàn buồng tuốcbin. Máy phát điện đặt trên bệ máy độc lập, máy điều tốc cũng đặt trên bệ đỡ riêng nằm trên nắp buồng tuốc bin nhưng đặt sát với bệ đỡ ổ trục của tuốcbin.

Sơ đồ tính toán của sàn máy cũng như sàn buồng tuốcbin theo kiểu dầm bản. Bản thì do dầm đỡ và là kết cấu liên tục, còn dầm thì tựa vào tường bên hoặc mố giữa đặt thẳng góc với hướng dòng nước và 2 đầu tựa tự do. Sàn buồng tuốcbin đặt trên 2 dầm chịu lực trực tiếp đỡ trọng lượng tuốcbin, còn sàn máy có 2 dầm đỡ trọng lượng phân quay (hình 5.10).



Hình 5.10: Sơ đồ tính toán kết cấu dầm bản.

a) Sàn máy; b) Sàn buồng tuốcbin

Mỗi dầm trên sàn máy chịu các tải trọng dưới đây:

- Tải trọng tập trung truyền lên ổ đỡ tuốcbin, điểm đặt ở giữa dầm:

$$P = 0,5k(G + P_{tr}) \quad , \quad (\text{kN})$$

Trong đó:

k - hệ số tải trọng động lấy bằng 1,5;

P_{tr} - áp lực hướng trục (kN);

G - trọng lượng phân quay (kN).

- Tải trọng phân bố đều do trọng lượng bản thân của trần buồng tuốcbin (tức sàn máy) sinh ra trên 1m dài của dầm là:

$$q_1 = q_0 c \quad , \quad (\text{kN/m})$$

Trong đó:

q_0 - trọng lượng bản thân của 1m^2 sàn máy, tùy theo vật liệu làm sàn;

c - chiều rộng mỗi băng của sàn (m).

- Tải trọng do người tập trung trên sàn, phân bố đều suốt dầm, trừ phần lỗ d_T lấy bằng đường kính bánh xe truyền ở tuốc bin trên 1m dài của dầm là:

$$q_2 = p_o c \quad , \quad (\text{kN/m})$$

Trong đó:

p_o - tải trọng của một nhóm người trên 1m^2 diện tích sàn.

Mômen lớn nhất ở trung tâm dầm bằng tổng mômen uốn từng phần:

$$M_{\max} = \frac{pl}{4} + \frac{q_1 l^2}{8} + \frac{q_2 (l - d_T)^2}{8} \quad , \quad (\text{kNm})$$

Trong đó:

l - chiều dài tính toán của dầm;

d_T - đường kính bánh xe truyền ở tuôcbin.

Vì máy điều tốc luôn đặt gần gối tựa nên mômen uốn lớn nhất của dầm đỡ nhỏ hơn trị số nói trên. Như vậy nếu cũng lấy dầm đỡ như trên tất nhiên đạt yêu cầu.

Còn đối với dầm của sàn buồng tuôcbin, tác dụng lên nhịp l_1 có các tải trọng:

- Lực tập trung (tuôcbin): $P_1 = 0,5 (P_T + P_o) \quad , \quad (\text{kN})$

Trong đó:

P_T - trọng lượng của tuôcbin, lấy theo bảng nhà máy chế tạo (bảng 5);

P_o - trọng lượng ống thoát (kN) cũng lấy trong bảng chế tạo của nhà máy.

- Tải trọng do nước phân bố đều trên dầm, tính cho 1m dài của dầm:

$$q'_2 = H\gamma C_1 \quad , \quad (\text{kN/m})$$

Trong đó:

H - lớp nước tối đa ở thượng lưu trên sàn buồng tuôcbin (m);

γ - trọng lượng riêng của nước lấy bằng $9,81 \text{ kN/m}^3$;

C_1 - chiều rộng sàn mà mỗi dầm phải chịu (m).

- Trọng lượng sàn, phân bố đều trừ phần lỗ D ở giữa, tính cho 1m dài của dầm:

$$q'_1 = q'_o C_1 \quad , \quad (\text{kN})$$

Trong đó: q'_o - trọng lượng của 1m^2 sàn.

Mômen uốn lớn nhất để tính toán bằng:

$$M_{\max} = \frac{P_1 l_1}{4} + \frac{q'_1 (l_1 - D)^2}{8} + \frac{q'_2 l_1^2}{8} \quad , \quad (\text{kNm})$$

Trong đó:

l_1 - chiều dài tính toán của dầm đỡ máy phát điện;

D - đường kính ngoài của máy phát điện.

Kích thước của móng máy phát điện khi tính toán sơ bộ định theo điều kiện trọng lượng móng không được nhỏ hơn $8 \div 10$ lần trọng lượng của máy phát điện. Mặt bằng móng phải rộng hơn mặt đế máy phát điện và phải có một chiều dày móng thích hợp để đảm bảo ổn định trượt và lật của móng.

b) Trạm đặt tuốcbin trực đứng trong buồng hở nối trực tiếp với máy phát điện, ống thoát hình nón cụt thẳng.

Sàn máy và sàn buồng tuốcbin chịu nhiều tải trọng của phần trên đè xuống như phần quay của tuốcbin, máy phát điện, bộ phận hướng nước... Vì vậy sàn máy và sàn buồng tuốc bin tốt nhất là làm theo dạng tấm bê tông cốt thép đặt vuông góc với hướng nước chảy. Ở sàn máy chiều rộng nhịp là l , còn ở sàn buồng tuốcbin là l_1 . Khi tính toán mỗi đầu tấm coi như bị ngàm chặt (hình 5.11).

Những bộ phận tính toán của sàn máy là:

+ Chiều rộng tấm bằng đường kính ngoài của stato máy phát D_o , giữa tấm có đục lỗ đường kính d_o .

+ Chiều rộng tấm đặt dưới máy điều tốc lấy bằng 1m, các tải trọng trên tấm thứ nhất (chiều rộng D_o và chiều dài l) bao gồm:

Lực tập trung:

$$P = k(G + P_{tr} + P_m) \quad , \quad (\text{kN})$$

Trong đó:

G - trọng lượng phần quay của tuốcbin (kN);

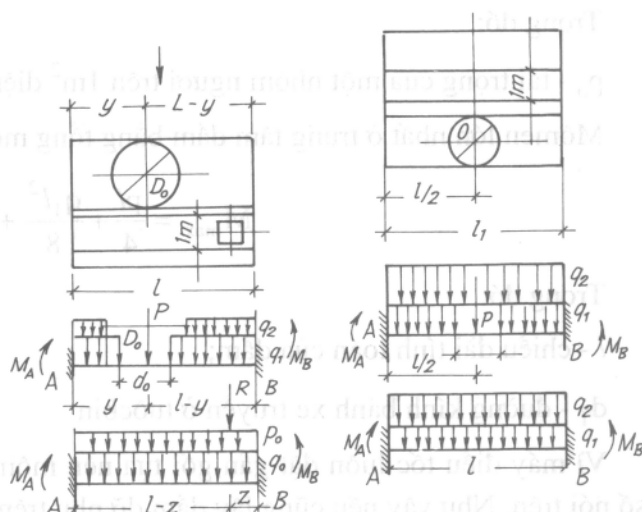
P_{tr} - áp lực nước hướng trực (kN);

P_m - trọng lượng máy phát điện (kN);

k - hệ số lực động bằng 1,5.

Buồng tuốcbin hình chữ nhật, lực tập trung đặt giữa nhịp, còn với buồng xoắn hở lực tập trung không đặt giữa mà đặt cách mép dầm một đoạn y .

Tải trọng phân bố đều do trọng lượng bản thân của sàn bê tông cốt thép gây ra (tính cho 1m dài):



Hình 5.11: Sơ đồ tính dầm đỡ sàn

$$q_1 = q_0 D_0 \text{ , (kN/m)}$$

Trong đó: q_1 - tải trọng trên 1m dài (kN/m);

q_0 - trọng lượng bản thân 1m² sàn.

Tải trọng do người tập trung trên sàn, phân bố đều:

$$q_2 = p_0 D_0 \text{ , (kN)}$$

Trong đó: q_2 - tải trọng trên 1m dài của sàn (kN);

p_0 - tải trọng do người đứng trên sàn trên 1m².

Với buồng xoắn hở, mômen đầu tấm tính theo công thức:

$$M_A = - \left[\frac{P_y (l-y)^2}{l^2} + (q_1 + q_2) l^2 \right] \text{ , (kNm)}$$

$$M_B = - \left[\frac{P (l-y)y^2}{l^2} + \frac{(q_1 + q_2) l^2}{12} \right] \text{ , (kNm)}$$

Để đơn giản tính toán và an toàn, tải trọng phân bố đều do trọng lượng bản thân và người, tính cho toàn bộ chiều dài tấm. Khi $y < 0,5 l$ mômen ở mép gần lực tập trung hơn, M_A sẽ lớn hơn M_B và phản lực A lớn hơn phản lực B.

Khi tính tấm theo điều kiện bất lợi, phản lực ở gối tựa tấm xác định theo công thức:

$$A = \frac{(q_1 + q_2) l}{2} + \frac{P(l-y)}{l} + \frac{M_B - M_A}{l} \text{ , (kN)}$$

Chọn cốt thép ở gối tựa tính theo mômen uốn lớn nhất theo công thức tính M_A .

Mômen uốn lớn nhất trên nhịp xác định bằng:

$$M_{\max} = \left[A - (q_1 + q_2) \frac{y}{2} \right] y + M_A \text{ , (kNm)}$$

Nếu không phải buồng xoắn hở, mà buồng chữ nhật thì $y = 0,5 l$ sẽ tính theo:

$$M_A = M_B = - \left[\frac{Pl}{8} + \frac{(q_1 + q_2) l^2}{12} \right] \text{ , (kNm)}$$

$$A = B = \frac{P}{2} + \frac{(q_1 + q_2) l}{2} \text{ , (kN)}$$

$$M_{\max} = \frac{Pl}{8} + \frac{(q_1 + q_2) l^2}{24} \text{ , (kNm)}$$

Đối với tấm dưới máy điều tốc tự động, với chiều rộng 1m chiều dài l sẽ có lực tác dụng sau đây:

- Lực tập trung R bằng trọng lượng máy điều tốc đặt cách mép một khoảng $Z = \frac{l}{2} - r$.
- Trọng lượng bản thân sàn q_o .
- Trọng lượng nhóm người đứng ở trên p_o .

Mômen ở ngàm của tấm bằng:

$$M_A = - \left[\frac{R(l-Z)Z^2}{l^2} + \frac{(q_o + p_o)l^2}{12} \right] , \quad (\text{kNm})$$

$$M_B = - \left[\frac{RZ(l-Z)^2}{l^2} + \frac{(q_o + p_o)l^2}{12} \right] , \quad (\text{kNm})$$

Để chọn cốt thép ở ngàm tính với mômen lớn M_B .

Phản lực tính toán ở B xác định theo:

$$B = \frac{R(l-Z)}{l} + \frac{(q_o + p_o)l}{2} + \frac{M_A - M_B}{l} , \quad (\text{kN})$$

Mômen lớn nhất trên tấm:

$$M_{\max} = \left[B - (q_o + p_o) \frac{Z}{2} \right] Z + M_B , \quad (\text{kNm})$$

Cốt thép chịu lực đối với tấm ở sàn buồng máy chỗ đục lỗ phải cắt đôi và có móc giữ ở đầu thanh. Tiết diện cốt thép phân bố không được ít hơn 0,5 tiết diện cốt thép chịu lực, cuối thanh cũng phải uốn cong. Thanh thép uốn vòng ở mép lỗ đặt theo cấu tạo, đường kính không lấy nhỏ hơn 16mm.

Tương tự như sàn buồng máy, sàn buồng tuốcbin khi tính toán cũng chia làm 2 băng: một băng có chiều rộng bằng đường kính ngoài của bộ phận hướng nước D với lỗ ở giữa tấm O và một băng có chiều rộng 1m ở ngoài chỗ đặt tuốcbin.

Tải trọng trên tấm có chiều rộng D dài l_1 gồm:

- Lực tập trung đặt ở giữa dầm $P = P_T + P_o - G$, (kN)

Trong đó:

P_T - trọng lượng tuốcbin (kN);

P_o - trọng lượng ống thoát (kN);

G - trọng lượng phân quay của tuốcbin (kN).

- Tải trọng phân bố đều do trọng lượng bản thân của tấm trên 1m dài:

$$q_1 = q_0 D \quad (\text{kN})$$

- Tải trọng phân bố đều do áp lực nước trên 1 mét dài:

$$q_2 = \gamma H.D \quad (\text{kN})$$

Ở đây: H là lớp nước sâu nhất trong buồng tuốcbin (m).

Như vậy nếu lực tập trung đặt ở giữa nhịp, biểu thức tính sẽ bằng:

$$M_A = M_B = - \left[\frac{P_1 l_1}{8} + \frac{(q_1 + q_2) l_1^2}{12} \right] \quad (\text{kNm})$$

$$A = B = \frac{P_1}{2} + \frac{(q_1 + q_2) l_1}{2} \quad (\text{kN})$$

$$M_{\max} = \frac{P_1 l_1}{8} + \frac{(q_1 + q_2) l_1^2}{24} \quad (\text{kNm})$$

Tải trọng trên bảng thứ hai lấy chiều rộng bằng 1m ở ngoài chỗ đặt tuốcbin gồm:

- Trọng lượng bản thân dầm:

$$q'_1 = q_0 \text{ trên 1m dài.}$$

- Trọng lượng nước:

$$q'_2 = \gamma y \text{ trên 1m dài.}$$

Như vậy:

$$M_A = M_B = - \frac{(q'_1 + q'_2) l_1^2}{12} \quad (\text{kNm})$$

$$A = B = \frac{(q'_1 + q'_2) l_1}{2} \quad (\text{kN})$$

$$M_{\max} = \frac{(q'_1 + q'_2) l_1^2}{24} \quad (\text{kNm})$$

Số lượng cốt thép được xác định theo 2 trị số mômen uốn lớn nhất ở trên. Ở phần đục lỗ O phải cắt đôi cốt thép và thanh phải uốn cong. Thép vòng ở lỗ đặt theo tính chất cấu tạo. Cốt thép phân bố phải có tiết diện chung không được nhỏ hơn 0,5 tiết diện cốt thép chịu lực, đầu thanh chỗ đặt lỗ phải uốn cong.

c) Trạm đặt tuốcbin trực đứng, nối trực tiếp với máy phát điện, ống thoát cong bằng bê tông (hình 5.2).

Ở trạm này trọng lượng của vòng đế, bộ phận hướng nước, cũng như áp lực nước đều truyền lên khối bê tông hình thành ống thoát cong. Khối này coi như một kết cấu bê đỡ.

Sơ đồ tính toán của sàn máy coi như dạng tấm, nhịp tính toán lấy bằng $l = c_1 + 0,5m$ (hình 5.12). Một đầu ngàm vào tường buồng máy, còn đầu kia gối tự do lên dầm đặt trên cột bê tông. Nhịp tính toán của dầm này bằng khoảng cách giữa các tâm cột l_1 . Tính toán tấm sàn theo 2 băng: một băng chiều rộng bằng đường kính ngoài của stato máy phát D_0 , chịu trọng lượng máy phát, trọng lượng phần quay của tuốcbin, áp lực dọc trục. Băng thứ hai rộng 1m chịu trọng lượng của máy điều tốc tự động.

Tải trọng tác dụng lên băng thứ nhất gồm (hình 5.12a):

- Lực tập trung:

$$P = k(G + P_{tr} + P_m) \quad , \quad (kN)$$

Trong đó:

G - trọng lượng phần quay tuốcbin (kN) tính theo công thức (8.16) và (8.17):

P_{tr} - áp lực nước dọc trục lên bánh xe quay (kN):

P_m - trọng lượng máy phát điện (kN), tra bảng chế tạo;

k - hệ số lực động lấy 1,5.

Lực P đặt cách đầu tự do một khoảng y .

- Tải trọng phân bố đều do trọng lượng bản thân của sàn bê tông cốt thép, tính cho 1m dài của tấm:

$$q_1 = q_0 D_0 \quad , \quad (kN)$$

Trong đó: q_0 - trọng lượng bản thân $1m^2$ sàn.

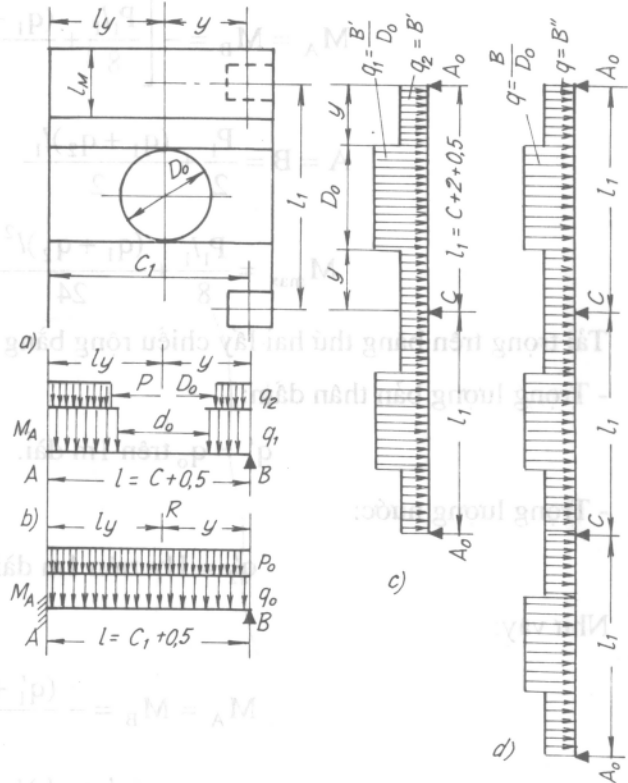
- Tải trọng phân bố đều của người đứng trên sàn, tính cho 1m dài của sàn:

$$q_2 = p_0 D_0 \quad , \quad (kN)$$

Trong đó:

p_0 - trọng lượng nhóm người lấy khoảng $4 kN/m^2$.

Xác định mômen ở A, phản lực ở B, mômen uốn lớn nhất M_{max} và vị trí của nó x_0 ta có công thức:



Hình 5.12: Sơ đồ tính dầm đỡ sàn buồng máy và sàn tuốcbin

$$M'_A = - \left[\frac{P_y(l^2 - y^2)}{2l^2} + \frac{(q_1 + q_2)l^2}{8} \right] , \quad (\text{kNm})$$

$$B' = \left[\frac{P(l - y)}{l} + \frac{(q_1 + q_2)l}{2} + \frac{M'A}{l} \right] , \quad (\text{kN})$$

$$M'_{\max} = \frac{(B')^2}{2(q_1 + q_2)} , \quad (\text{kNm})$$

$$x_o = \frac{B'}{q_1 + q_2} , \quad (\text{m})$$

Để an toàn và đơn giản trong tính toán, ta coi trọng lượng bản thân sàn, trọng lượng người phân bố đều suốt chiều dài tấm.

Tải trọng lên tấm thứ hai có chiều rộng 1m (hình 5.12b) gồm có: lực tập trung do trọng lượng máy điều tốc tự động R đặt cách dầm trước 1 đoạn y và trọng lượng bản thân q_o , trọng lượng nhóm người p_o , phân bố đều suốt chiều dài dầm.

Công thức tính của tấm thứ hai như sau:

$$M''_A = - \left[\frac{R_y(l^2 - y^2)}{2l^2} + \frac{(q_o + p_o)l^2}{8} \right] , \quad (\text{kNm})$$

$$B'' = \left[\frac{R(l - y)}{l} + \frac{(q_o + p_o)l}{2} + \frac{M''A}{l} \right] , \quad (\text{kN})$$

$$M''_{\max} = \frac{B''}{2(q_o + p_o)} \quad (\text{kNm})$$

$$x''_o = \frac{B''}{q_o + p_o} \quad (\text{m})$$

Số lượng cốt thép bố trí ở tấm đỡ máy phát căn cứ vào kết quả tính toán theo công thức (M'_A và $M'_{\max}$). Ở phần lỗ, cốt thép chịu lực phải cắt đoạn và các đầu uốn móc. Tiết diện cốt thép phân bố của tấm không được nhỏ hơn 0,5 tiết diện cốt thép chịu lực. Cốt thép bao quanh lỗ, phải có đường kính không nhỏ hơn 16mm đặt theo cấu tạo. Cốt thép ở các vị trí khác của tấm xác định theo công thức M''_A và $M''_{\max}$.

Dầm phía trước sàn coi như dầm liên tục đặt tự do lên các cột bê tông và có 2 hoặc 3 nhịp tùy thuộc số tổ máy (hình 5.12b và 5.12d). Không phụ thuộc vào số nhịp, dầm chịu lực phân bố trung tâm mỗi nhịp bằng $\frac{B'}{D_o}$ còn ở gối tựa bằng phản lực B'' .

Để đơn giản và tăng thêm an toàn, khi tính toán lấy tải trọng phân bố suốt dầm với cùng trị số $\frac{B'}{D_o}$.

Ở dầm 2 nhịp (hình 5.12c) xác định cốt thép phải tính các trị số mômen theo công thức sau:

$$M_{\max} = 0,07 \frac{B'}{D_o} l_1^2, \quad (\text{kNm})$$

Mômen gối tựa:

$$M'_c = -0,125 \frac{B'}{D_o} l_1^2, \quad (\text{kNm})$$

Khi đó phản lực ở gối tựa ngoài cùng bằng:

$$A_o = 0,375 \frac{B'}{D_o} l_1, \quad (\text{kN})$$

Phản lực ở gối tựa trung gian bằng:

$$C = 1,25 \frac{B'}{D_o} l_1, \quad (\text{kN})$$

Ở dầm 3 nhịp (hình 5.12d), xác định số lượng cốt thép ở nhịp phải tính mômen theo công thức:

$$M_{\max} = 0,08 \frac{B'}{D_o} l_1^2, \quad (\text{kNm})$$

Xác định mô men ở gối tựa:

$$M'_c = -0,100 \frac{B'}{D_o} l_1^2, \quad (\text{kNm})$$

Phản lực gối tựa ngoài cùng:

$$A_o = 0,400 \frac{B'}{D_o} l_1, \quad (\text{kN})$$

Phản lực ở gối tựa trung gian:

$$C = 1,10 \frac{B'}{D_o} l_1, \quad (\text{kN})$$

2. Tính kết cấu bộ đỡ của các tổ máy trục ngang

a) Trạm đặt tuốcbin trục ngang trong buồng hờ nối với máy phát điện bằng dây truyền phẳng:

Loại trạm này bố trí như hình 5.3. Trọng lượng toàn bộ tuốcbin (kể cả trọng lượng bánh xe quay, nhưng không kể trục và bánh đà), đều truyền cho sàn buồng tuốcbin. Áp lực nước hướng trục tác dụng vào bánh xe quay truyền lên ổ trục tựa trong buồng máy.

Hình thức hợp lý của bệ đỡ sàn vẫn là dầm gỗ hoặc bê tông cốt thép hoặc thép định hình đặt thẳng góc với hướng nước chảy trong buồng thoát. Xét theo quan điểm giảm nhỏ nhịp dầm thì nước chảy theo hướng dọc nhà máy (vuông góc với trục tuốcbin) có lợi hơn so với nước chảy theo hướng ngang nhà máy (song song với hướng trục tuốcbin), vì trong trường hợp tuốcbin trục ngang chiều dài buồng tuốcbin phải nhỏ hơn so với chiều rộng của nó.

Tính dầm của sàn buồng tuốcbin theo công thức:

$$M_{\max} = \frac{P_1 l_1}{4} + \frac{q'_1 (l_1 - D)^2}{8} + \frac{q'_2 l_1^2}{8}, \quad (\text{kNm})$$

Nhịp lấy bằng chiều rộng buồng tuốcbin hoặc bằng chiều dài của buồng tùy theo hướng xả nước mà định.

Theo công thức trên, lực tập trung:

$$P_1 = 0,5(P_T + P_o + G)$$

Trong đó:

P_T và P_o - trọng lượng phần cố định tuốcbin và phần ống thoát (kN);

G - trọng lượng bánh xe quay (kN).

Trọng lượng bản thân của sàn phân bố đều trên 1 đơn vị dài của dầm:

$$q'_1 = q'_o C_1, \quad (\text{kN})$$

Trong đó:

q_o - trọng lượng bản thân sàn trên 1m^2 .

C_1 - chiều rộng sàn mà mỗi thanh dầm phải chịu (m).

Trọng lượng nước phân bố đều trên dầm:

$$q'_2 = H\gamma C_1$$

Các kí hiệu như công thức trên.

Ổ trục tựa của tuốc bin và máy phát điện đều đặt ở trong buồng máy.

b) Trạm đặt tuốc bin trục ngang ở trong buồng chính diện hoặc buồng xoắn kim loại (hình 5.4 và 5.5)

Ở các trạm này không có lực thẳng đứng tập trung đè lên sàn, khối nước ở buồng tuốcbin nhỏ, lực hướng trục theo hướng ngang truyền lên ổ tựa của tuốcbin. Máy phát điện thường có số vòng quay lớn, nên kích thước tương đối nhỏ. Đặt tổ máy nằm ngang do tải trọng máy phân bố trên một diện tích lớn và như vậy giảm tải trọng tác dụng lên nền.

Để có thể truyền tải trọng của giá đỡ trực tiếp xuống nền mà không truyền lên sàn, nên bố trí buồng thoát theo hướng dọc nhà máy (thẳng góc với hướng của trục tuốcbin). Nếu lưu lượng tuốcbin nhỏ (thường ở trạm tuốcbin đặt trong buồng xoắn kim loại cột nước từ

25m trở lên) thì chiều rộng buồng thoát cũng không lớn, cho nên xác định chiều dày của sàn định theo yêu cầu cấu tạo mà không cần tiến hành tính toán cường độ. Trường hợp này tính kết cấu giá đỡ chỉ là xác định kích thước móng máy để có thể làm bệ chung bằng bê tông cho cả máy phát điện tuốcbin và máy điều.

Ở trạm đặt tuốcbin trong buồng xoắn kim loại, tải trọng của máy thường thường không vượt quá 200 - 250kN trên diện tích nền $30 \div 40\text{m}^2$. Độ chôn sâu của móng từ $2,0 \div 2,5\text{m}$ là có thể đủ một trọng lượng cần thiết của móng.

Ở các trạm đặt tuốcbin trong buồng chính diện thì buồng này đặt trên nắp của buồng thoát và như vậy yêu cầu tính ổn định nắp buồng thoát. Nhịp tính toán lấy theo chiều thẳng góc với chiều dòng nước chảy. Sơ đồ tính toán coi như dầm đỡ gối tự do. Thứ tự tính toán tải trọng cũng như đối với trạm đặt tuốcbin trực đứng có dây truyền lực nối với máy phát điện.

Mômen uốn lớn nhất vẫn xác định theo công thức:

$$M_{\max} = \frac{Pl}{4} + \frac{q_1 l^2}{8} + \frac{q_2 (l - d_T)^2}{8}, \quad (\text{kNm})$$

Trong đó lực tập trung P bằng toàn bộ trọng lượng tuốcbin cùng với buồng tuốcbin đầy nước và ống thoát, còn $d_T = 0$.

Nếu dầm bê tông cốt thép thì sơ đồ tính toán coi như bản ngàm 2 đầu có tải trọng tập trung P tác dụng ở trung tâm nhịp. Mômen ở 2 đầu ngàm bằng:

$$M_A = M_B = - \left[\frac{Pl}{8} + \frac{(q_1 + q_2)l^2}{12} \right], \quad (\text{kNm})$$

Mômen giữa nhịp bằng:

$$M_{\max} = \frac{Pl}{8} + \frac{(q_1 + q_2)l^2}{24}, \quad (\text{kNm})$$

Phản lực thẳng đứng ở 2 đầu ngàm:

$$A = B = \frac{P}{2} + \frac{(q_1 + q_2)l}{2}, \quad (\text{kN})$$

Tính toán mặt cắt dầm căn cứ vào nội lực đã xác định trên.

c) Trạm đặt tuốcbin xung kích 2 lần (XK₂) hoặc kiểu gáo (hình 5.10).

Tuốcbin xung kích đặt trên nắp buồng thoát. Nhịp tính toán lấy theo chiều thẳng góc với chiều dòng nước chảy ra. Sơ đồ tính toán được coi như dầm bản có gối tựa tự do với các lực tác dụng như sau:

- Tải trọng phân bố đều do trọng lượng tuốcbin và áp lực nước ở bánh xe quay tác dụng lên dầm: q_1 (kN/m).

- Tải trọng động do trọng lượng người đi lại, tính theo 1m dài của dầm: $q_2 = p_0 C$ (kN/m).

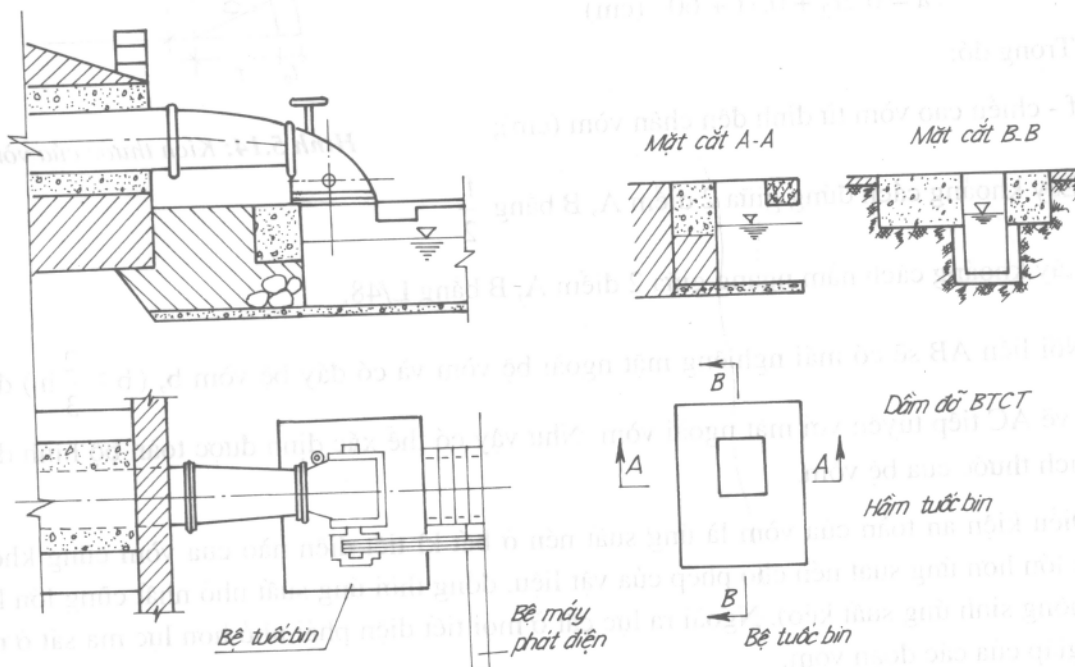
Trong đó: p_0 - trọng lượng người lấy bằng 4,0 kN/m².

C - chiều rộng mỗi thanh dầm đỡ tuốcbin (m).

- Trị số mômen lớn nhất ở giữa dầm bằng:

$$M_{\max} = \frac{q_1 l^2}{8} + \frac{q_2 l^2}{8}, \quad (\text{kNm})$$

Căn cứ vào mômen lớn nhất để xác định kích thước dầm.



Hình 5.13: Bố trí nhà máy đặt tuốcbin xung kích nối với máy phát điện bằng dây truyền lực

5.2.5. Tính vòm đỉnh buồng thoát nước

Đối với trạm thủy điện nhỏ, trần buồng thoát nước thường xây kiểu vòm. Ở đây giới thiệu công thức xác định kích thước vòm nhỏ hợp với trạm thủy điện.

Tính chiều dày đỉnh vòm tròn theo công thức sau:

- Đối với vòm đá:

$$t_o = 1,57 \sqrt{r_2 + \frac{L}{2}} + 6, \quad (\text{cm})$$

Đối với vòm gạch:

$$t_o = 1,82 \sqrt{r_2 + \frac{L}{2}} + 8, \quad (\text{cm})$$

Trong đó:

r_2 - bán kính trong của vòm (cm);

L - chiều rộng vòm (cm).

Chiều dày chân vòm lấy bằng $1,25 \div 2,5$ chiều dày đỉnh vòm.

Kích thước chiều rộng đỉnh bệ vòm xác định theo công thức sau:

$$a = 0,2r_2 + 0,1f + 60 \quad (\text{cm})$$

Trong đó:

f - chiều cao vòm từ đỉnh đến chân vòm (cm);

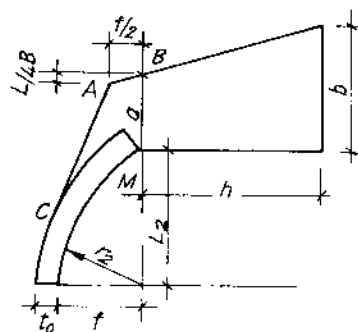
Lấy khoảng cách đứng giữa 2 điểm A, B bằng $\frac{f}{2}$

Lấy khoảng cách nằm ngang giữa 2 điểm A, B bằng $L/48$.

Nối liền AB sẽ có mái nghiêng mặt ngoài bệ vòm và có đáy bệ vòm b , ($b \geq \frac{2}{3}h$) đồng thời vẽ AC tiếp tuyến với mặt ngoài vòm. Như vậy có thể xác định được toàn bộ hình dạng và kích thước của bệ vòm.

Điều kiện an toàn của vòm là ứng suất nén ở bất kì tiết diện nào của vòm cũng không được lớn hơn ứng suất nén cho phép của vật liệu, đồng thời ứng suất nhỏ nhất cũng lớn hơn 0 (không sinh ứng suất kéo). Ngoài ra lực cắt ở mọi tiết diện phải nhỏ hơn lực ma sát ở mặt tiếp giáp của các đoạn vòm.

Bệ vòm phải chịu được lực đẩy chân vòm, áp lực đất, trọng lượng bản thân và trọng lượng đất thẳng đứng. Dưới tác dụng của các lực này bệ vòm phải đảm bảo điểm tác dụng của hợp lực ở trong phạm vi $1/3$ giữa đáy bệ vòm. Khi thiết kế vòm nhỏ thường dùng bảng 5.10.



Hình 5.14: Kích thước của vòm

Bảng 5.10. Kích thước vòm gạch đá

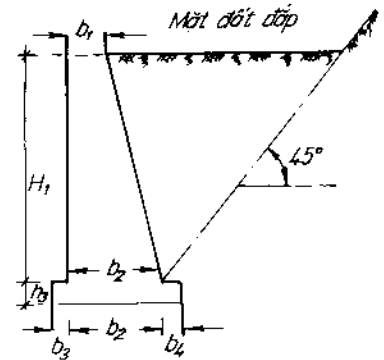
Chiều rộng vòm (m)	Vòm đá		Vòm gạch	
	t_0 (cm)	t_1 (cm)	t_0 (cm)	t_1 (cm)
0,75	30	40	20	25
1,00	40 - 30	50 - 40	20	30
1,50	40 - 30	55 - 45	20	35
2,00	40 - 30	60 - 50	25 - 22	40 - 35
2,50	40 - 30	65 - 55	28 - 24	45

5.2.6. Tường chắn đất

Ở trạm thủy điện nhỏ, tường chắn đất thường gặp như ở phần dưới nước nhà máy, tường cánh cửa lấy nước và cửa thoát nước, tường bể áp lực... Thông thường dùng tường chắn đất trọng lực bằng đá, gạch xây hoặc bằng bê tông, hình dạng mặt cắt thích hợp nhất là mặt lưng tường nghiêng, mặt trước thẳng đứng. Đối với trạm nhỏ độ cao tường chắn đất không cao quá 10m khi tính toán sơ bộ có thể dùng thiết kế định hình để xác định kích thước như bảng dưới.

Bảng 5.11. Kích thước tường chắn đất bằng đá

H_1 (m)	b_1 (m)	b_2 (m)	b_3 (m)	b_4 (m)	h_3 (m)	Kiểu tường chắn đất
1,00	0,3	0,55	0,15	0,15	0,2	Mặt đất đắp
1,25	0,3	0,60	0,15	0,15	0,2	
1,50	0,4	0,80	0,15	0,15	0,3	
1,75	0,4	0,84	0,15	0,15	0,4	
2,00	0,4	0,90	0,20	0,20	0,4	
2,25	0,5	1,10	0,20	0,20	0,4	
2,50	0,5	1,10	0,20	0,20	0,4	
2,75	0,6	1,30	0,20	0,20	0,4	
3,00	0,7	1,45	0,20	0,20	0,4	
3,25	0,7	1,50	0,20	0,20	0,4	
3,50	0,7	1,60	0,20	0,20	0,5	
3,75	0,7	1,64	0,20	0,20	0,5	
4,00	0,7	1,80	0,30	0,30	0,5	
4,25	0,8	1,90	0,30	0,30	0,5	
4,50	0,8	1,90	0,30	0,30	0,5	
4,75	0,8	2,00	0,30	0,30	0,5	
5,00	0,8	2,10	0,30	0,30	0,5	



$$b_2 = \frac{H_1}{4} + b_1$$

5.3. TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH NHÀ MÁY

5.3.1. Trường hợp tính toán

Nhà máy dưới tác dụng của các lực đẩy ngang có khuynh hướng trượt và dưới tác dụng của trọng lượng nhà máy, bao gồm cả thiết bị, nền nhà máy chịu nén có thể sinh ra lún không đều hoặc đất nền bị phá hoại. Vì vậy khi tính toán ổn định phải bảo đảm được hai yêu cầu cơ bản là nhà máy có đủ độ ổn định trượt đồng thời bảo đảm ứng suất chịu đựng của nền không vượt quá trị số cho phép.

Đối với nhà máy kiểu lòng sông buông hờ, bản thân nó coi là một công trình chắn nước cho nên ngoài các lực thẳng đứng như trọng lượng bản thân, trọng lượng các thiết bị cơ khí, trọng lượng nước ở đoạn dẫn vào buồng tuốcbin, áp lực thấm ra nhà máy còn chịu các lực hướng ngang như áp lực cột nước và áp lực đất thượng hạ lưu. Nhà máy kiểu này có nhiều khả năng trượt theo hướng hạ lưu. Vì vậy sau khi đã bố trí nhà máy, tính cường độ các bộ phận phải kiểm tra tính ổn định trượt của nó.

Đối với nhà máy kiểu sau đập hay kiểu đường dẫn vì không chịu trực tiếp áp lực nước thượng lưu cho nên có thể không kiểm tra ổn định trượt.

Nhưng bất kì kiểu nhà máy nào cũng phải tiến hành tính toán ứng suất của nền, phải đảm bảo ứng suất chịu đựng của nền không vượt qua ứng suất cho phép của đất nền nhà máy, đồng thời sự chênh lệch ứng suất $\sigma_{\max}$ và $\sigma_{\min}$ không được vượt quá 2 để tránh phát sinh lún không đều.

Tiến hành tính toán, trước hết phải chọn tổ hợp lực bất lợi nhất tác dụng vào nhà máy. Nói chung có thể phân làm 3 trường hợp bất lợi nhất để tham khảo:

- Trường hợp làm việc bình thường: mực nước thượng lưu là mực nước dâng bình thường, mực nước hạ lưu là mực nước thấp nhất ứng với lưu lượng nhỏ nhất.

- Trường hợp sửa chữa: mực nước thượng hạ lưu như trường hợp trên. Ở ống dẫn, buồng tuốcbin, buồng thoát không có nước, đồng thời cũng không có các thiết bị chủ yếu như tuốcbin và máy phát điện.

- Trường hợp mới thi công xong: đất chưa đắp, thiết bị chưa lắp ráp mực nước thượng lưu là mực nước dâng bình thường, hạ lưu không có nước nên nhà máy chưa kịp bão hoà nước nên chưa có áp lực ngược, trường hợp này nên tính kiểm tra ứng suất nền và tính ổn định trượt cho nhà máy.

5.3.2. Tải trọng tính toán

1. *Áp lực tĩnh của nước ở thượng hạ lưu:* Áp lực nước lên một đơn vị chiều rộng nhà máy, điểm đặt lực ở 1/3 độ cao kể từ đáy:

$$P = \frac{1}{2} \gamma_0 H^2, \quad (\text{kNm})$$

Trong đó:

γ_0 - trọng lượng riêng của nước (9,81 kN/m³);

H - chiều sâu nước (m).

2. *Áp lực đất chủ động E_A và bị động E_P , điểm đặt lực ở 1/3 chiều cao kể từ đáy*

$$E_A = \frac{1}{2} \gamma H^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (\text{kN})$$

$$E_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right), \quad (\text{kN})$$

3. *Trọng lượng các bộ phận nhà máy*

4. *Trọng lượng các thiết bị chủ yếu căn cứ vào tài liệu xưởng chế tạo*

5. *Áp lực dưới tấm đáy.* Tấm đáy nhà máy ngoài áp lực thấm do chênh lệch mực nước thượng hạ lưu ra còn chịu một lực đẩy nổi do chiều sâu mực nước hạ lưu. Áp lực thấm tính toán tương đối phức tạp ở đây giới thiệu phương pháp tỉ lệ đường thẳng là phương pháp đơn giản nhất, có thể dùng để tính toán cho trạm thủy điện nhỏ.

Độ dài tính toán đường viền thấm cần thiết để tránh hiện tượng mạch dùn gây nguy hiểm cho nhà máy, theo kinh nghiệm bằng:

$$L_o = L_d + \frac{1}{n} L_{ng} \geq C_o H$$

Trong đó:

L_d - chiều dài các đoạn thẳng đứng;

L_{ng} - chiều dài các đoạn nằm ngang;

Đoạn nghiêng của đường viền, nếu góc nghiêng lớn hơn 45° so với mặt phẳng ngang thì coi như đoạn thẳng đứng, nếu góc nghiêng nhỏ hơn 45° thì coi như đoạn nằm ngang.

n - hệ số quy định theo các trường hợp dưới đây: Mặt đáy móng nằm sâu, không có ván cừ lấy $n = 1,4 \div 1,7$. Bố trí 1 hoặc 2 hàng ván cừ, mà tỉ số độ sâu ván cừ với chiều rộng mặt đáy móng lớn hơn 1 lấy $n = 2,0$. Bố trí 1 hoặc 2 hàng ván cừ, mà tỉ số độ sâu ván cừ với chiều rộng mặt đáy móng nhỏ hơn 1 lấy $n = 3,0$.

C_o - hệ số Lenz lấy theo bảng 5.12.

H - cột nước (m);

Áp lực thấm trên đường viền ở mặt cắt x-x bất kì đều có thể tính được theo phương pháp tỉ lệ đường thẳng:

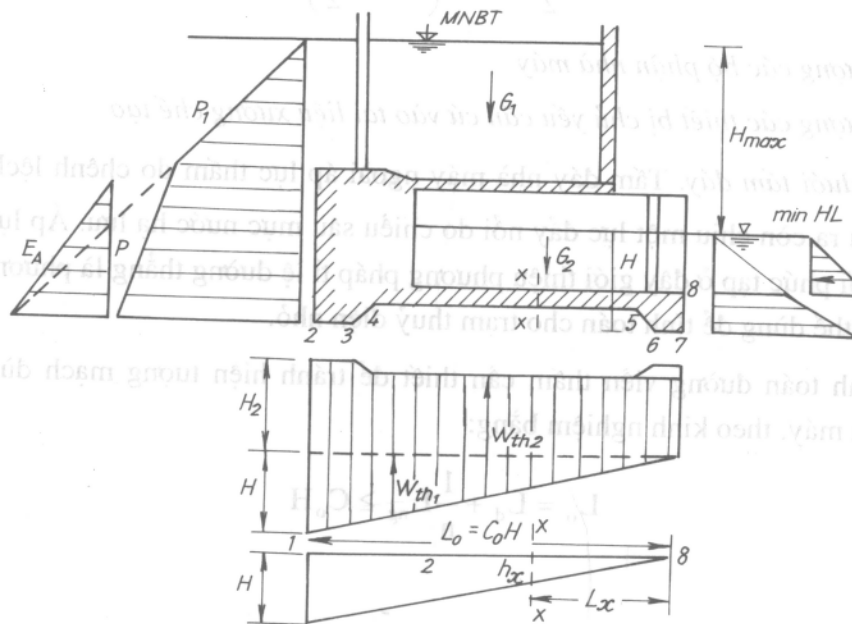
$$\frac{H}{L_o} = \frac{h_x}{L_x} \text{ hoặc } h_x = \frac{H}{L_o} L_x$$

Tấm đáy ngoài áp lực thấm còn chịu áp lực đẩy nổi:

W_{th2} phân bố theo hình chữ nhật, bằng $\gamma_o H_2$.

Trong đó: γ_o - trọng lượng riêng của nước, bằng $9,81 \text{ kN/m}^3$;

H_2 - chiều sâu của lớp nước hạ lưu (so với đáy móng).



Hình 5.15: Sơ đồ tính ổn định nhà máy

5.3.3. Kiểm tra ổn định trượt

Có thể dùng công thức:

$$k = \frac{(\sum V - W_{th})f}{\sum N}$$

Trong đó: $\sum V$ - tổng lực thẳng đứng (kN);

W_{th} - áp lực ngược (áp lực thấm + áp lực đẩy nổi) (kN);

f - hệ số ma sát giữa tấm đáy với nền;

$\sum N$ - tổng lực ngang (kN);

k - hệ số an toàn chống trượt, lấy đối với trạm có công suất 500 kW trở xuống:

$k_{thiết\ kế} = 1,15$; $k_{kiểm\ tra} = 1,05$.

5.3.4. Tính toán ứng suất nền

Ứng suất ở 2 đầu nền tính bằng công thức:

$$\sigma_{min}^{max} = \sum \frac{V}{F} \pm \sum \frac{M}{W}$$

Phải bảo đảm điều kiện: $\sigma_{\max} \leq [\sigma]_{\text{nền}}$

Trong đó: F - diện tích tấm đáy nhà máy (m^2);

ΣV - tổng lực thẳng đứng (kN);

ΣM - tổng mômen của các lực đối với trung tâm móng (kNm);

W - môđun chống uốn: $W = \frac{bh^2}{6}$ (móng chữ nhật);

$[\sigma]_{\text{nền}}$ - ứng suất cho phép của nền.

Nếu đáy móng hình chữ nhật thì công thức trên có thể viết:

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{\Sigma V}{AB} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right)$$

Trong đó: A - chiều dài tính toán của nhà máy, thường tính với 1m;

B - chiều rộng tấm đáy móng;

e - khoảng lệch tâm: $e = \frac{\Sigma M}{\Sigma V}$

Thường ở dưới móng không cho phép sinh ra ứng suất kéo vì như vậy mặt đáy móng tách rời khỏi nền, nhưng đối với trạm nhỏ có thể cho phép ứng suất kéo sinh ra nhỏ. Độ chênh lệch giữa $\sigma_{\max}$ và $\sigma_{\min}$ nên đảm bảo trong khoảng 1,5 ÷ 2,0 để tránh đáy móng lún không đều.

Bảng 5.12. Hệ số C_0

Thứ tự	Tên đất nền	Hệ số C_0
1	Bùn, cát hạt rất nhỏ	8,5
2	Cát hạt nhỏ	7,0
3	Cát hạt trung	6,0
4	Cát hạt lớn	5,0
5	Hoàng thổ nhẹ	5,5
6	Hoàng thổ chặt	4,5 - 5,0
7	Sỏi hạt nhỏ	4,0
8	Sỏi hạt trung bình	3,5
9	Sỏi hạt lớn lẫn đá dăm	3,0
10	Đất sét dẻo	3,0
11	Đá lẫn sỏi và đá dăm	2,5
12	Sét có độ chặt trung bình	2,0
13	Sét chặt	1,8
14	Sét rất chặt	1,6

Chương 6

BỐ TRÍ THIẾT BỊ ĐIỆN TRONG TRẠM THUỶ ĐIỆN NHỎ

6.1. NGUYÊN TẮC BỐ TRÍ THIẾT BỊ ĐIỆN

Khi bố trí thiết bị điện, cần căn cứ vào công suất lắp máy, số tổ máy và kết cấu; đồng thời cần xét một cách tổng hợp các vấn đề như sửa chữa được dễ dàng, vận hành bảo quản an toàn, thấp sáng và đầu tư nhà máy kinh tế.

Thiết bị điện chủ yếu gồm máy phát điện, máy biến áp, thiết bị phân phối điện cao và hạ áp ở trong và ngoài nhà máy..., dùng vào sản xuất và phân phối điện năng. Máy biến áp thường đặt ngoài trời và nên để gần nhà máy tiện quản lí, đồng thời có thể giảm bớt chiều dài đường dây tải điện. Thiết bị phân phối điện của trạm thủy điện nhỏ thường trang bị thành bộ.

Thường các tủ phân phối điện hoặc bảng điện hạ áp đồng bộ đều lắp ráp cả thiết bị mạch điện thứ nhất và thiết bị mạch điện thứ hai kết hợp làm một. Các thiết bị điều khiển, bảo vệ, đo lường, tín hiệu đều lắp trong thiết bị phân phối điện để nhân viên vận hành có thể thường xuyên quan sát được tình hình công tác của máy phát điện và tiến hành thao tác khi cần thiết. Những thiết bị phân phối điện phải đặt trong buồng máy chính, nên gần máy phát điện.

Đối với thiết bị phân phối điện qua máy biến áp tăng áp đến $6 \div 10\text{kV}$, thường đặt trong nhà hay ngoài trời.

Bảng 6.1 giới thiệu cách bố trí chung thiết bị điện bao gồm nhà máy chính, bảng điện, thiết bị phân phối điện và máy biến áp. Ta có thể kết hợp với chương 5 nói về bố trí tổng thể nhà máy, căn cứ vào điều kiện cụ thể của mỗi trạm để tiến hành bố trí nhà máy. Trước hết, cần xét một cách toàn diện các phương thức bố trí chung những thiết bị điện kể trên.

Bảng 6.1. Bố trí chung thiết bị điện

Thứ tự	Sơ đồ bố trí	Điều kiện sử dụng	Chú thích
1		(1) Tổ máy ít. (2) Bảng điện và thiết bị phân phối đặt ở một đầu nhà máy và gần máy biến áp.	Trên hình vẽ: (1) Chiều dòng nước.

Thứ tự	Sơ đồ bố trí	Điều kiện sử dụng	Chú thích
2		(1) Số tổ máy tương đối nhiều (2) Bảng điện đặt giữa nhà máy và phía thượng lưu. (3) Thiết bị phân phối cũng ở phía thượng lưu về một phía gần máy biến áp.	(2) Máy biến áp. (3) Thiết bị phân phối. (4) Bảng điện (5) Phòng lắp ráp.
3		(1) Số tổ máy nhiều. (2) Do địa hình, máy biến áp đặt ở hạ lưu (bờ phải). Bảng điện đặt giữa nhà máy về phía hạ lưu. (3) Thiết bị phân phối đặt ở hạ lưu về một phía gần máy phát điện.	

6.2. BỐ TRÍ THIẾT BỊ ĐIỆN ĐẶT TRONG NHÀ

Điện áp máy phát điện của các trạm thủy điện nhỏ phân nhiều là 400/230V và qua máy biến áp đưa lên đến 6 hoặc 10kV. Đối với công suất tổ máy tương đối lớn, cũng có thể chọn điện áp máy phát là 3,15 hay 6,3kV. Đối với các cấp điện áp kể trên có thể dùng các thiết bị phân phối điện cao và hạ áp do các xưởng chế tạo sản xuất đồng bộ hoặc cũng có thể dùng thiết bị điện kiểu tháo lắp do địa phương tự lắp ráp.

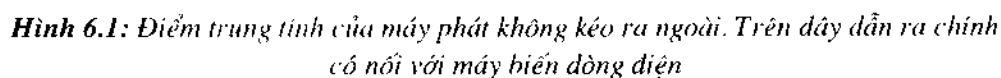
1. Bố trí dây dẫn ra của máy phát điện:

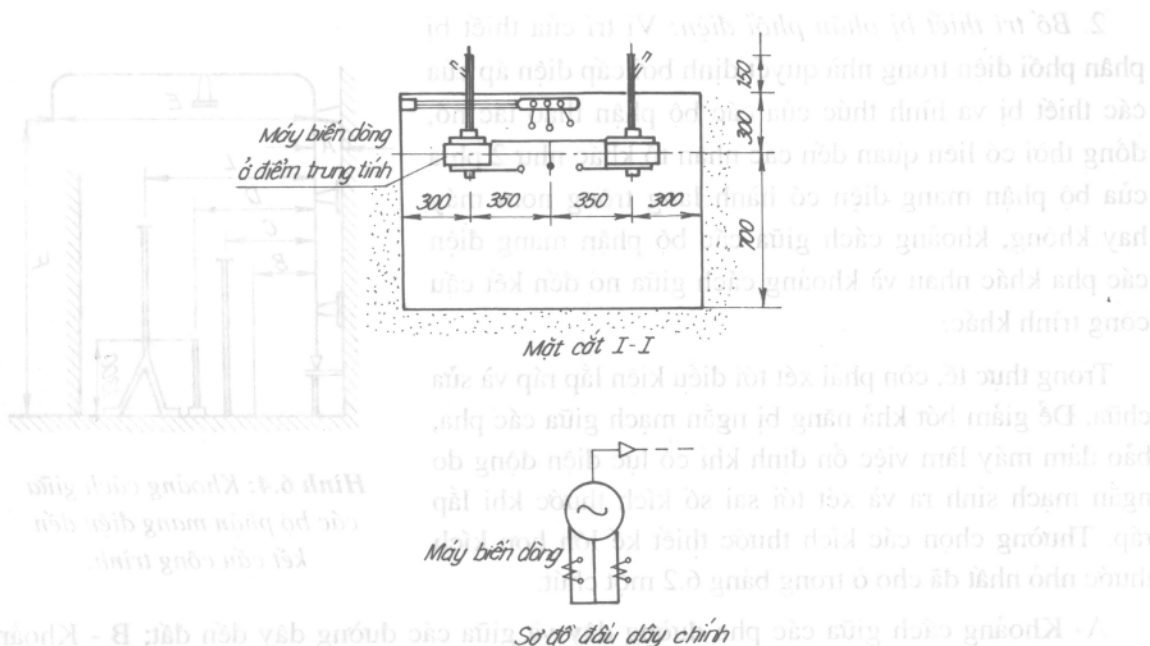
Dây dẫn ra của máy phát điện thường làm bằng thanh nhôm để trần hoặc dây dẫn nhôm đặt trên những sứ cách điện, cũng có thể dùng cáp hoặc dây dẫn cách điện. Để đơn giản phần kết cấu công trình, do công suất máy phát điện các trạm thủy điện nhỏ không lớn, thường dùng cáp hoặc dây dẫn cách điện (bọc nhựa).

Hình thức của máy phát điện có ảnh hưởng nhất định đến việc bố trí thiết bị điện, đối với các máy phát trục đứng hay trục ngang, công suất tương đối bé, hộp đựng dây dẫn ra đặt bên ngoài của máy phát điện, các dây dẫn ra đó chạy qua các rãnh đặt cáp hoặc ống đặt cáp nối liền với thiết bị phân phối điện của máy phát.

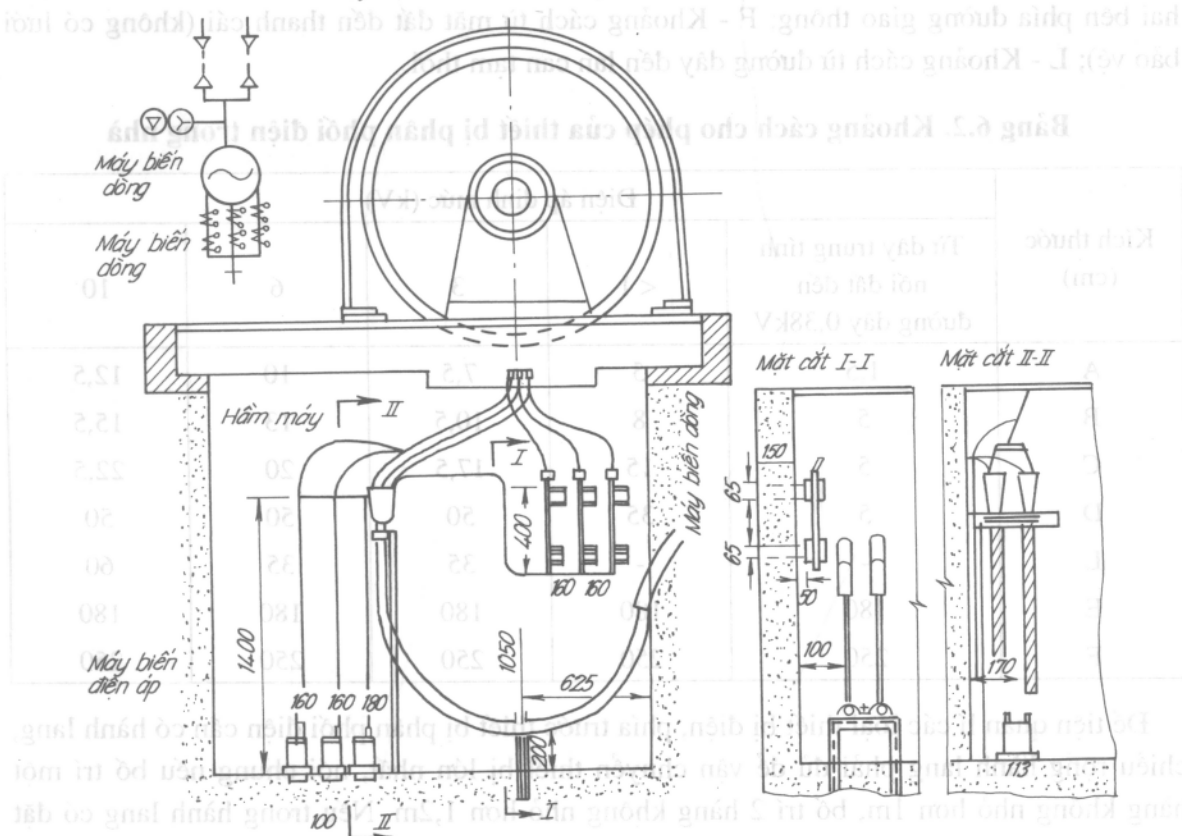
Đối với máy phát điện trục ngang công suất lớn, đầu nối dây dẫn ra đặt phía dưới máy phát điện, ở đây có chừa một khoang trống làm hầm máy. Kích thước hầm có liên quan đến công suất tổ máy, cách kéo dây ra, và hầm máy có đặt máy hồ cảm hay không. Đồng thời cũng cần thỏa mãn yêu cầu của xưởng sản xuất đề ra đối với kích thước của hầm máy. Nếu dây dẫn ra của máy phát làm bằng cáp hay dây điện bọc nhựa, thì độ sâu hầm máy lấy bằng chiều sâu rãnh đặt cáp trong nhà máy, lúc này cần chú ý trong hầm cần chừa chỗ đặt đầu

Hình 6.1, 6.2, 6.3, giới thiệu cách bố trí chung các thiết bị điện trong hầm máy của máy phát điện trục ngang.





Hình 6.2: Điểm trung tính của máy phát kéo ra ngoài, nối với máy biến dòng điện; trên dây dẫn ra chính không có máy biến dòng điện.

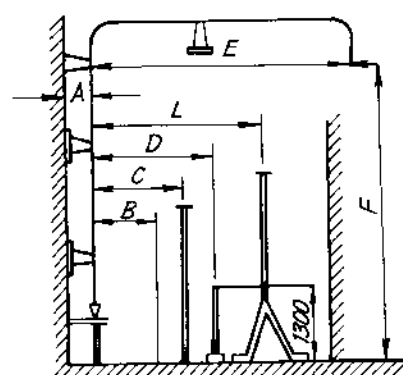


Hình 6.3: Điểm trung tính của máy phát kéo ra ngoài có đặt máy biến dòng điện, trên dây dẫn ra có máy biến điện áp.

2. *Bố trí thiết bị phân phối điện:* Vị trí của thiết bị phân phối điện trong nhà quyết định bởi cấp điện áp của các thiết bị và hình thức của các bộ phận thao tác nó, đồng thời có liên quan đến các nhân tố khác như 2 phía của bộ phận mang điện có hành lang trông nom máy hay không, khoảng cách giữa các bộ phận mang điện các pha khác nhau và khoảng cách giữa nó đến kết cấu công trình khác.

Trong thực tế, còn phải xét tới điều kiện lắp ráp và sửa chữa. Để giảm bớt khả năng bị ngắn mạch giữa các pha, bảo đảm máy làm việc ổn định khi có lực điện động do ngắn mạch sinh ra và xét tới sai số kích thước khi lắp ráp. Thường chọn các kích thước thiết kế lớn hơn kích thước nhỏ nhất đã cho ở trong bảng 6.2 một chút.

A- Khoảng cách giữa các pha đường dây và giữa các đường dây đến đất; B - Khoảng cách đường dây đến tấm che không có nắp và cửa kim loại; C - Khoảng cách từ đường dây đến lưới thép bảo vệ; D - Từ đường dây đến lan can; E - Khoảng cách giữa các thanh cái ở hai bên phía đường giao thông; F - Khoảng cách từ mặt đất đến thanh cái (không có lưới bảo vệ); L - Khoảng cách từ đường dây đến lan can tạm thời.



Hình 6.4: Khoảng cách giữa các bộ phận mang điện đến kết cấu công trình.

Bảng 6.2. Khoảng cách cho phép của thiết bị phân phối điện trong nhà

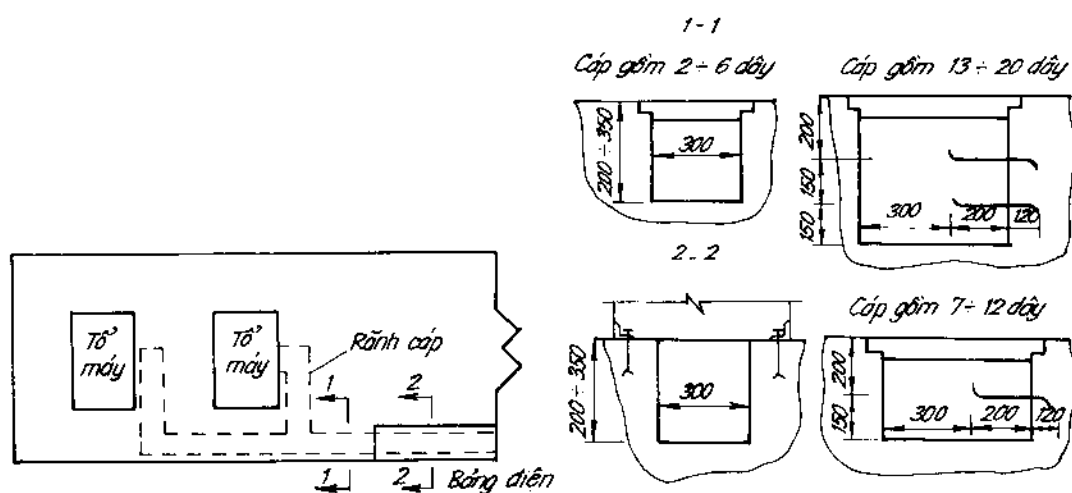
Kích thước (cm)	Điện áp định mức (kV)				
	Từ dây trung tính nối đất đến đường dây 0,38kV	< 1	3	6	10
A	1,5	5	7,5	10	12,5
B	5	8	10,5	13	15,5
C	5	15	17,5	20	22,5
D	5	35	50	50	50
L	-	-	35	35	60
E	180	180	180	180	180
F	250	250	250	250	250

Để tiện quản lý các loại thiết bị điện, phía trước thiết bị phân phối điện cần có hành lang, chiều rộng hành lang phải đủ để vận chuyển thiết bị lớn nhất, nói chung nếu bố trí một hàng không nhỏ hơn 1m, bố trí 2 hàng không nhỏ hơn 1,2m. Nếu trong hành lang có đặt các cơ cấu thao tác máy cắt điện thì gọi là hành lang thao tác. Ở các trạm thủy điện nhỏ thường phía trước thiết bị phân phối điện có hành lang thao tác. Nếu bố trí 1 hàng dọc thì

chiều rộng của hành lang thao tác nói chung không bé hơn 1,5m, bố trí 2 hàng dọc, không bé hơn 2m. Nếu thiết bị phân phối điện không đặt gần tường thì phía sau nên chừa đường đi để bảo quản và kiểm tra thiết bị, chiều rộng đường bằng 0,8m.

Các kết cấu kiến trúc khác không được nhô ra hành lang quá 0,2m. Chiều cao tấm che các thiết bị phân phối điện trong nhà không nên bé hơn 1,7m, chiều cao phần che bình thường không thấp hơn 1,2m. Kích thước các lỗ của lưới thép bảo vệ không lớn quá $2 \times 2\text{cm}$. Đối với phòng đặt thiết bị phân phối điện dài hơn 7m, tối thiểu cần có 2 cửa ra vào. Thiết bị phân phối điện nói chung nên làm bằng vật liệu chịu lửa.

3. **Đặt cáp và dây điện:** Khi dẫn điện từ máy phát ra ngoài bằng cáp thì dây cáp có thể đặt trong các rãnh, trên giá cáp hay trong ống đặt cáp. Cách bố trí và kích thước rãnh đặt cáp xem hình 6.5.



Hình 6.5: Rãnh đặt cáp

Kích thước rãnh đặt cáp có liên quan đến số dây cáp. Đối với cáp điện dưới 10kV đặt song song thì khoảng cách thực tế giữa các dây cáp không được bé hơn 3,5cm, khoảng cách giữa cáp điện và dây cáp thao tác dưới 1000V không nên bé hơn 10cm.

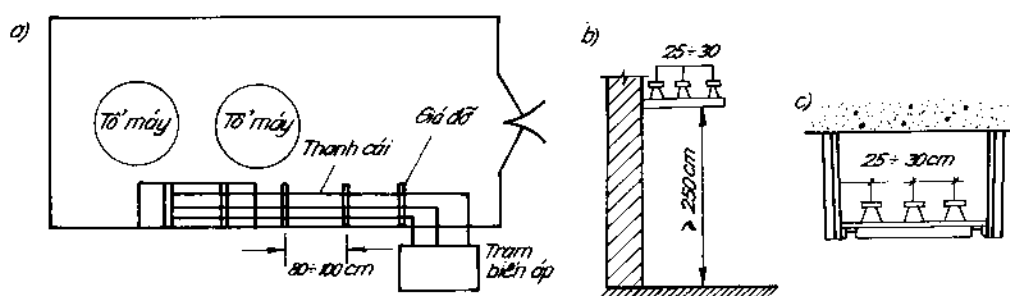
Nếu số dây cáp nhiều, không thể sắp đặt trên một mặt bằng được thì có thể đặt trên các tầng khác nhau, cáp điện lực nên đặt ở tầng trên và đặt trên các giá sắt đã chôn sẵn; cũng có thể đặt trên các giá làm bằng các mảnh thép lõi. Nếu các rãnh đặt cáp khô ráo không đọng nước thì tầng dây cáp dưới cùng có thể đặt sát đáy, rãnh lát bằng gạch. Chiều sâu rãnh đặt cáp không bé hơn 15cm, không lớn hơn 60cm. Một đoạn rãnh đặt cáp từ trong nhà máy thông ra ngoài nên dùng vật liệu chịu lửa nhét kín, đồng thời nên tránh ẩm ướt thấm vào nhà máy.

Nên chọn đường kính trong ống đặt dây cáp bằng 1,5 đường kính ngoài dây cáp. Khi có nhiều sợi dây điện bọc nhựa luồn qua ống, để tiện cho luồn dây, tổng diện tích dây điện không lớn hơn 40% tiết diện ống.

Để tiện lắp ráp và không tổn thương đến vỏ bọc cách điện của dây cáp, bán kính uốn cong của dây thường lấy bằng khoảng $15d$ (d - đường kính dây cáp).

4. Bố trí dàn dây nhôm và thanh nhôm:

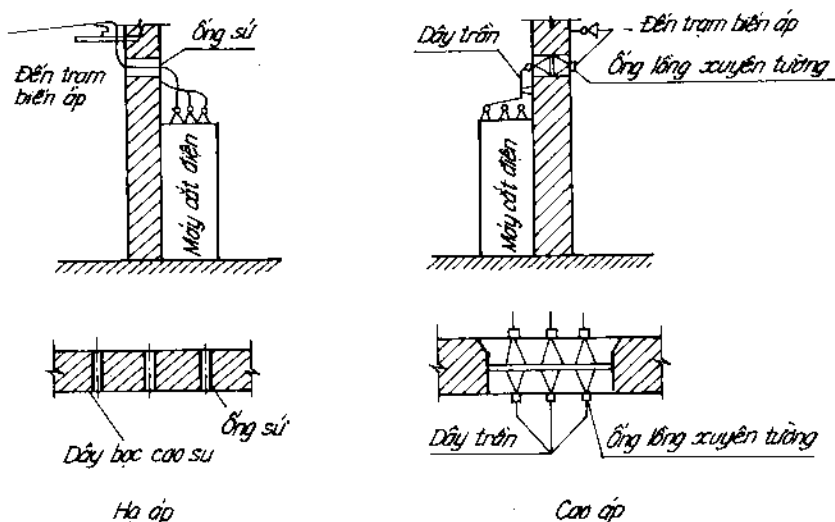
Dàn dây nhôm và thanh nhôm phải bố trí cách mặt đất từ 2,5m trở lên. Nếu bố trí thấp hơn 2,5m, cần dùng lưới sắt hoặc lan can bảo vệ khỏi bị điện giật. Dàn dây nhôm hoặc các thanh nhôm phải đặt trên sứ đỡ, các sứ cách điện phải cố định trên giá bằng sắt góc (hoặc các vật liệu chịu lửa). Khoảng cách giữa các giá $80 \div 100\text{cm}$. Đối với các loại dây có điện áp $3 \div 10\text{kV}$, khoảng cách từ dây đến tường và dây với dây thường lấy bằng $25 \div 30\text{cm}$. Đối với dây điện dưới 1000V các khoảng cách trên thường lấy bằng 25cm. Cách bố trí dây điện như hình 6.6.



Hình 6.6: Cách bố trí dây điện

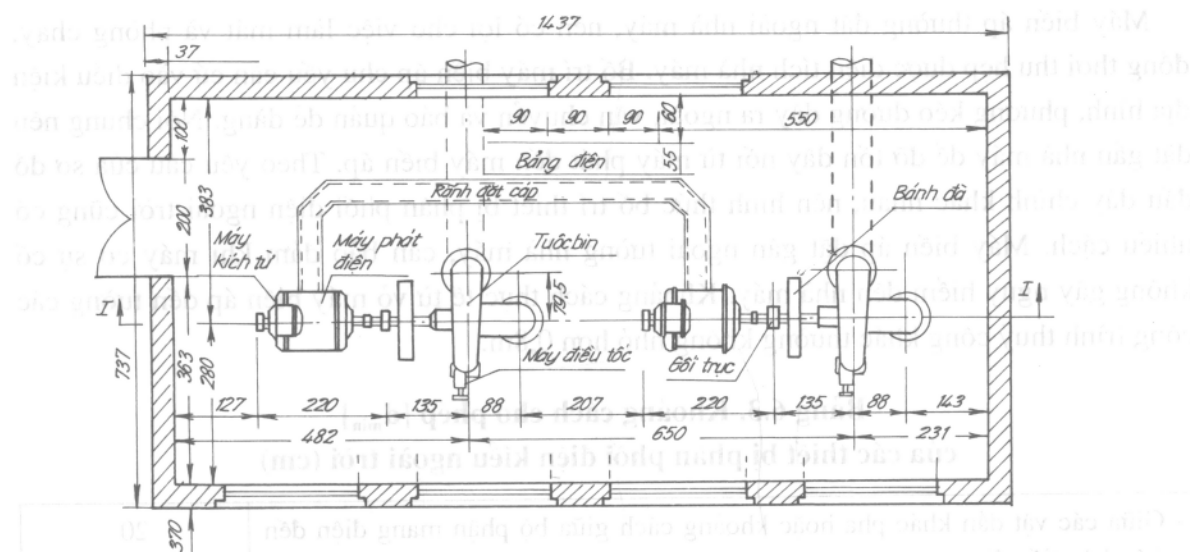
5. Bố trí các đường dây cao và hạ áp xuyên tường

Khi cần luồn dây điện hạ áp qua tường, tốt nhất là dùng dây điện bọc cao su luồn qua ống sứ rồi dẫn đến trạm biến áp, đồng thời cần có một độ nghiêng về phía ngoài tường để tránh nước mưa làm ướt dây điện. Khi dây cao áp xuyên tường thì cần lắp ống lồng qua tường như trên hình 6.7.

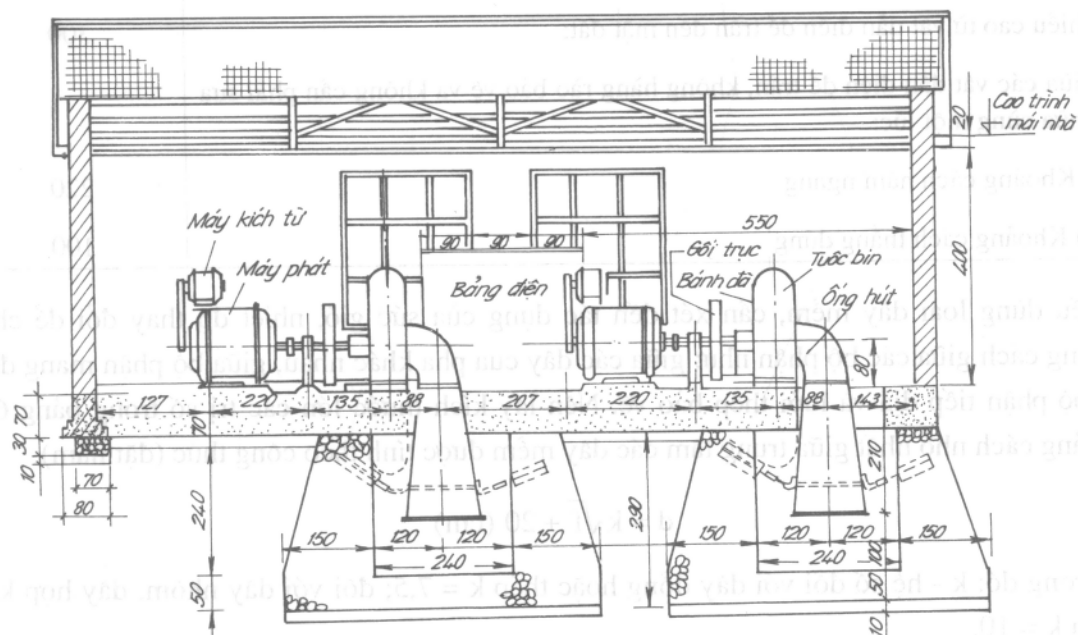


Hình 6.7: Dây cao áp qua ống lồng xuyên tường

Hình 6.8 thể hiện mặt bằng và mặt cắt của nhà máy thủy điện 2 tổ máy trục ngang công suất mỗi tổ 100kW. Bảng điện đặt phía thượng lưu nhà máy. Để tiện thao tác và theo dõi tình hình vận hành, bảng điện đặt ở giữa 2 tổ máy. Dây dẫn ra của máy phát bằng dây cáp hay dây điện bọc nhựa qua rãnh đặt cáp đến bảng điện.



MẶT CẮT I-I



Hình 6.8: Bố trí mặt bằng và mặt đứng của trạm thủy điện có 2 tổ máy trục ngang

6.3. BỐ TRÍ TRẠM BIẾN ÁP

Muốn tải điện từ nhà máy đến nơi tiêu thụ tương đối xa thường phải qua máy biến áp để đưa lên điện áp cao. Do đó trạm thủy điện đều có máy biến áp (cá biệt trạm quá nhỏ, nếu dùng dây dẫn ra của máy phát để tải điện thì không có trạm biến áp).

Máy biến áp thường đặt ngoài nhà máy, nên có lợi cho việc làm mát và phòng cháy, đồng thời thu hẹp được diện tích nhà máy. Bố trí máy biến áp chủ yếu căn cứ vào điều kiện địa hình, phương kéo đường dây ra ngoài, vận chuyển và bảo quản dễ dàng. Nói chung nên đặt gần nhà máy để đỡ tốn dây nối từ máy phát đến máy biến áp. Theo yêu cầu của sơ đồ đấu dây chính khác nhau, nên hình thức bố trí thiết bị phân phối điện ngoài trời cũng có nhiều cách. Máy biến áp đặt gần ngoài tường nhà máy, cần bảo đảm khi máy có sự cố không gây nguy hiểm đến nhà máy. Khoảng cách thực tế từ vỏ máy biến áp đến tường các công trình thủy công khác thường không nhỏ hơn 0,8m.

**Bảng 6.3. Khoảng cách cho phép [$d_{\min}$]
của các thiết bị phân phối điện kiểu ngoài trời (cm)**

- Giữa các vật dẫn khác pha hoặc khoảng cách giữa bộ phận mang điện đến bộ phận tiếp địa;	20
- Từ bộ phận mang điện đến hàng rào kiểu lưới;	25
- Từ bộ phận mang điện đến hàng rào;	100
- Chiều cao từ vật dẫn điện để trần đến mặt đất;	300
- Giữa các vật dẫn điện để trần, không hàng rào bảo vệ và không cần phải sửa chữa cùng một lúc:	
a) Khoảng cách nằm ngang	220
b) Khoảng cách thẳng đứng	100

Nếu dùng loại dây mềm, cần xét đến tác dụng của sức gió, nhiệt độ thay đổi để chọn khoảng cách giữa các bộ phận như: giữa các dây của pha khác nhau, giữa bộ phận mang điện với bộ phận tiếp địa và lưới thép bảo vệ. Nên lấy kích thước lớn các trị số trong bảng 6.3. Khoảng cách nhỏ nhất giữa trung tâm các dây mềm được tính theo công thức (đặt nằm):

$$d = k\sqrt{f} + 20 \text{ (cm)}$$

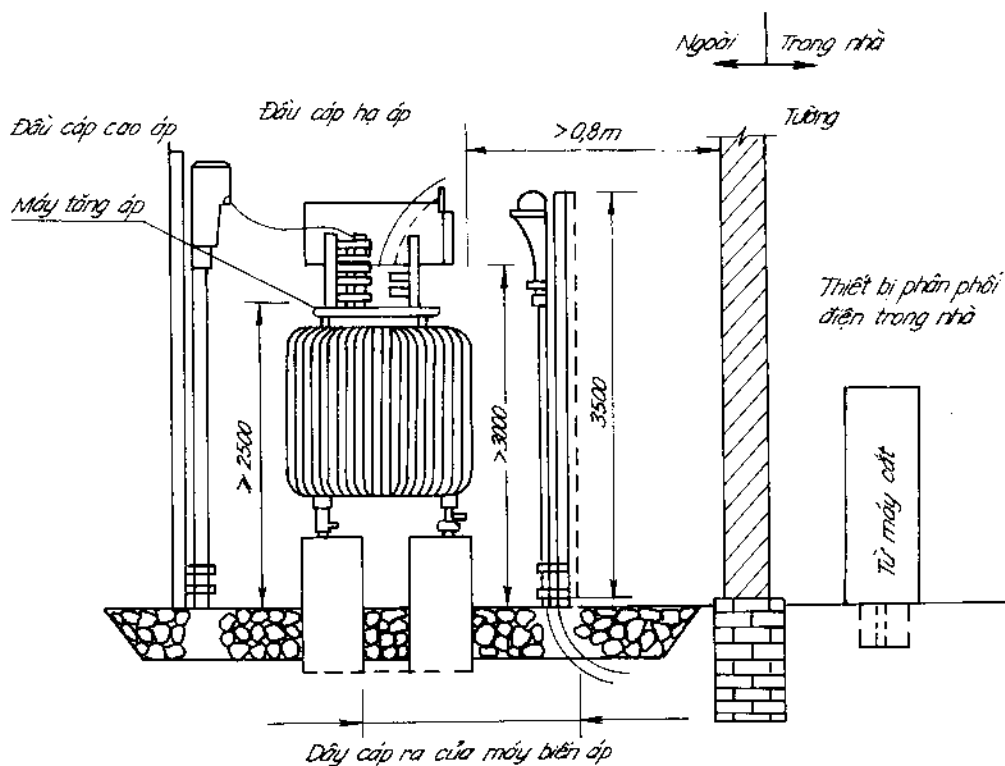
Trong đó: k - hệ số đối với dây đồng hoặc thép $k = 7,5$; đối với dây nhôm, dây hợp kim nhôm $k = 10$.

f - độ võng lớn nhất của dây (mm) thường lấy bằng 4% chiều dài giữa 2 cột điện.

Khi chân sứ cách điện thấp nhất của máy biến áp và các máy điện cách mặt đất nhỏ hơn 2,5m thì nên có lan can kiểu cố định bao quanh. Chiều cao của lan can không thấp hơn 1,5m. Đường dây trên không phía ngoài dẫn từ các thiết bị phân phối điện trong nhà máy, khoảng cách nằm ngang giữa các bộ phận dẫn điện của thiết bị phân phối ngoài trời với các kết cấu nhà máy không bé hơn 2,2m.

Đối với máy biến áp đặt ngoài trời chứa khoảng trên 600 kg dầu, nếu đặt trên mặt đất, nên lát một lớp đá cuội dày ít nhất 250mm, kích thước mặt bằng của lớp đá cuội lấy bằng kích thước ngoài của máy biến áp rồi cộng thêm 1m.

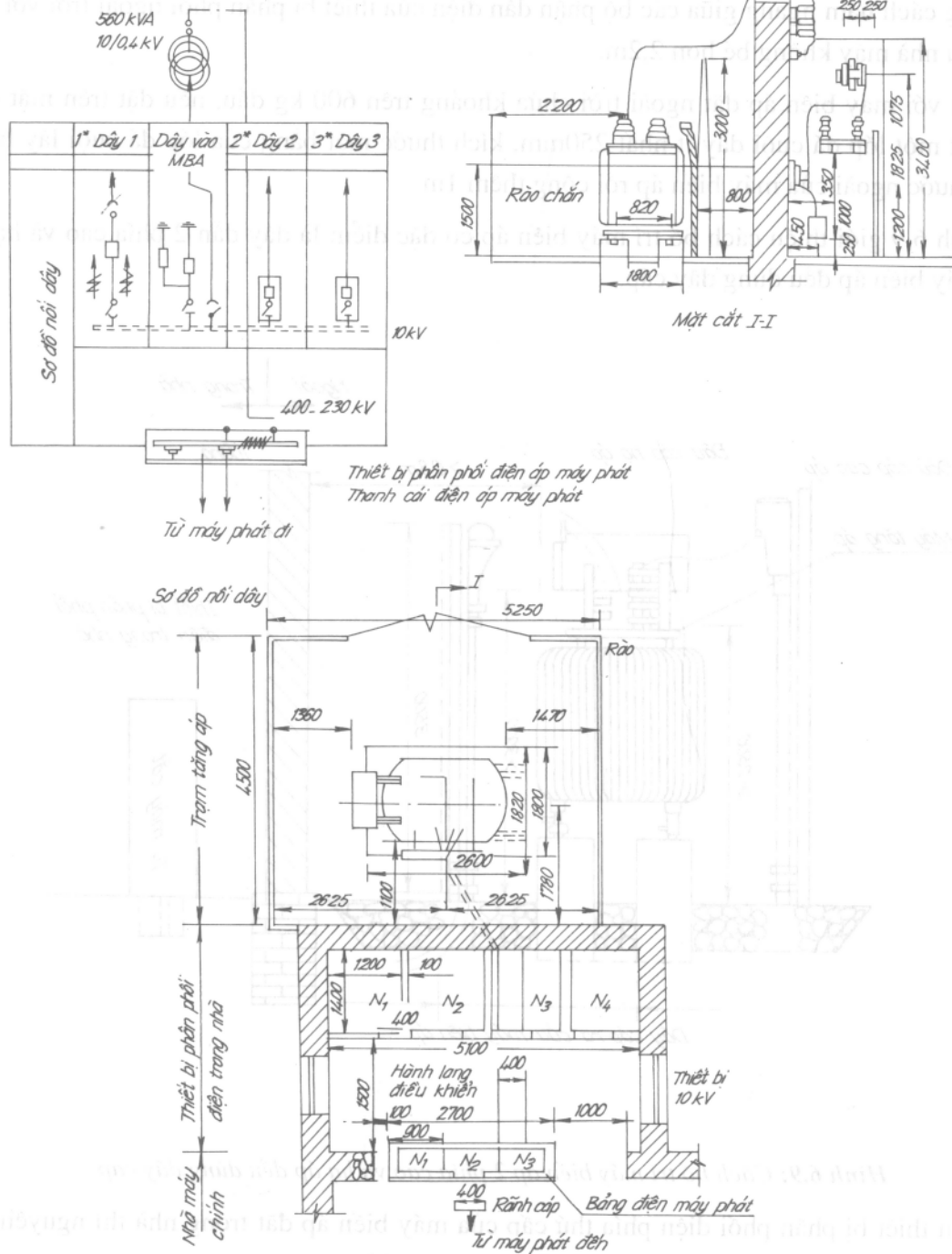
Hình 6.9 giới thiệu cách bố trí máy biến áp có đặc điểm là dây dẫn 2 phía cao và hạ áp của máy biến áp đều dùng dây cáp.



Hình 6.9: Cách bố trí máy biến áp 2 phía cao và hạ áp đều dùng dây cáp

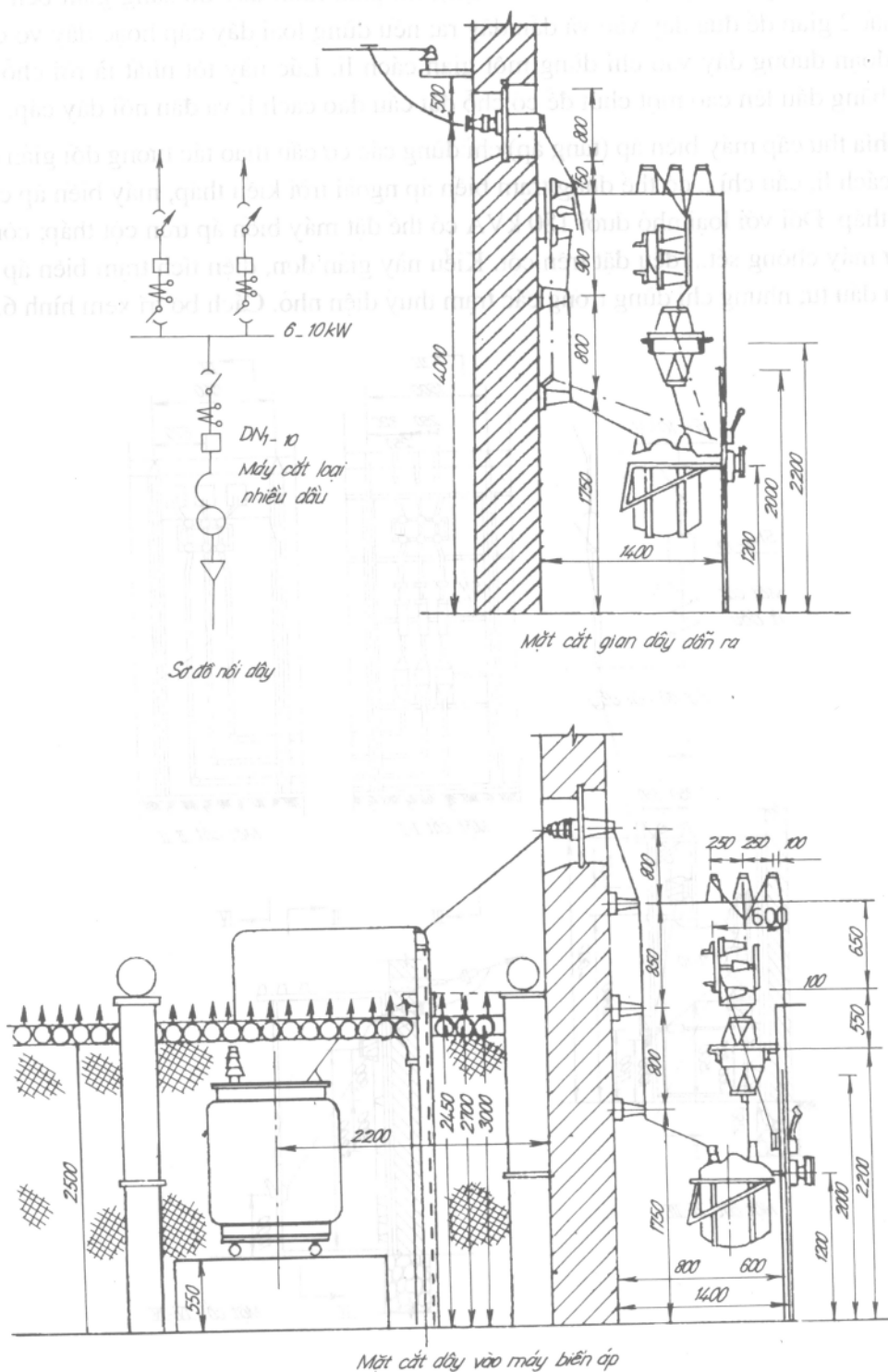
Nếu thiết bị phân phối điện phía thứ cấp của máy biến áp đặt trong nhà thì nguyên tắc bố trí nó cũng giống cách bố trí phân phối điện trong nhà.

Hình 6.10 giới thiệu cách bố trí máy biến áp ở một đầu nhà máy, thiết bị phân phối điện phía thứ cấp máy biến áp đặt trong nhà máy.



Hình 6.10: Bố trí thiết bị phân phối điện và trạm tăng áp

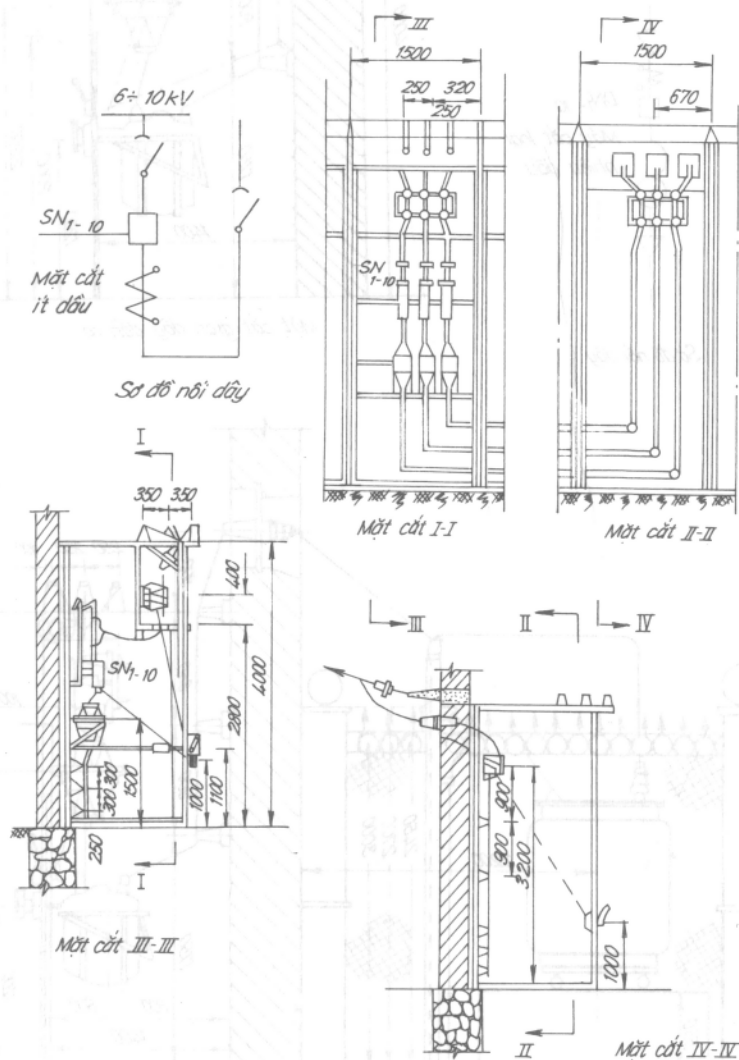
Hình 6.11 giới thiệu cách bố trí thiết bị phân phối điện có 2 đoạn đường dây, 1 thanh cái, máy cắt loại nhiều dầu và có 1 máy biến áp đặt ngoài nhà (hoặc trong nhà)



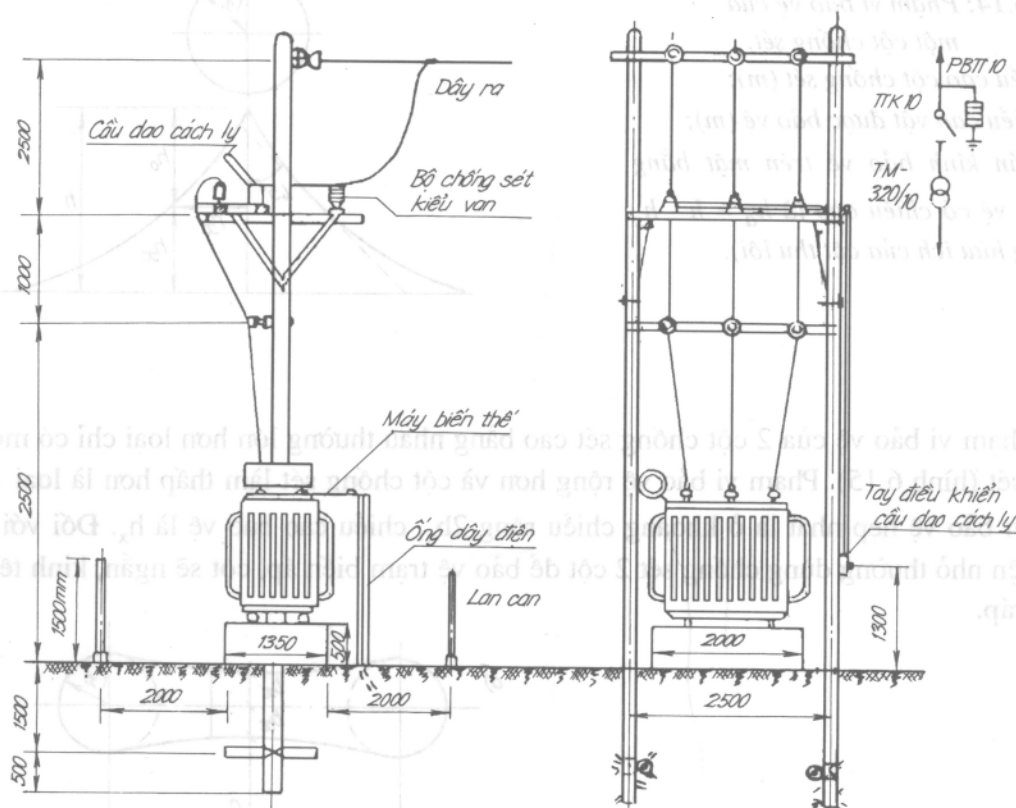
Hình 6.11: Bố trí thiết bị phân phối điện có máy cắt điện loại nhiều dầu

Hình 6.12 giới thiệu cách bố trí thiết bị phân phối điện kiểu lắp ghép có máy cắt điện loại ít dầu. Đối với kiểu bố trí này, vì đầu nối dây ở đầu trên và dưới máy cắt điện, cho nên nếu dùng dây trần (dây không bọc chất cách điện), thì phải luồn dây đó sang gian bên cạnh, tức chiếm mất 2 gian để đưa dây vào và dẫn dây ra; nếu dùng loại dây cáp hoặc dây vỏ cách điện thì mỗi đoạn đường dây vào chỉ dùng một gian cách li. Lúc này tốt nhất là rời chỗ đặt máy cắt điện bằng dầu lên cao một chút để có chỗ đặt cầu dao cách li và đầu nối dây cáp.

Khi phía thứ cấp máy biến áp (tăng áp) chỉ dùng các cơ cấu thao tác tương đối giản đơn như: cầu dao cách li, cầu chì... có thể dùng trạm biến áp ngoài trời kiểu thấp, máy biến áp có thể đặt dưới cột tháp. Đối với loại nhỏ dưới 180 kVA có thể đặt máy biến áp trên cột tháp; còn thiết bị khác như máy chống sét... đều đặt trên cột. Kiểu này giản đơn, diện tích trạm biến áp nhỏ, tiết kiệm vốn đầu tư, nhưng chỉ dùng trong các trạm thủy điện nhỏ. Cách bố trí xem hình 6.13.



Hình 6.12: Bố trí-thiết bị phân phối điện có máy cắt loại ít dầu



Hình 6.13: Bố trí trạm biến áp kiểu cột

6.4. CHỐNG SÉT CHO TRẠM THỦY ĐIỆN

Chống sét chiếm địa vị quan trọng đối với việc vận hành an toàn thiết bị điện của trạm. Đặc biệt đối với những vùng và mùa hay có sét đánh, nếu không bảo vệ tốt thường gây nên những tổn thất lớn cho các thiết bị chính. Có mấy cách phòng chống sét sau đây: Lắp kim chống sét quanh trạm, đem các cấu kiện kim loại hoặc các cột thép trong nhà máy trực tiếp nối đất, có thể dùng máy chống sét để bảo vệ các thiết bị điện khỏi bị sóng điện do sét đánh truyền từ đường dây tải điện đến.

6.4.1. Bảo vệ sét trực tiếp

a) Phạm vi bảo vệ của 1 cột chống sét là một khối hình nón (mỗi bên làm thành 1 góc 45° với cột chống sét). Vật bảo vệ nằm trong khoảng không gian của khối nón là không bị sét đánh (hình 6.14). Từ hình vẽ ta thấy sau khi đặt xong vật cần bảo vệ, có thể căn cứ vào chỗ đặt cột chống sét và chiều cao vật được bảo vệ, từ đường cong đó tìm ra chiều cao (m) cần thiết của cột chống sét. Nếu cột chống sét đặt ở nơi địa hình tương đối cao, thì chiều cao cột tính từ mặt đất đặt vật bảo vệ.

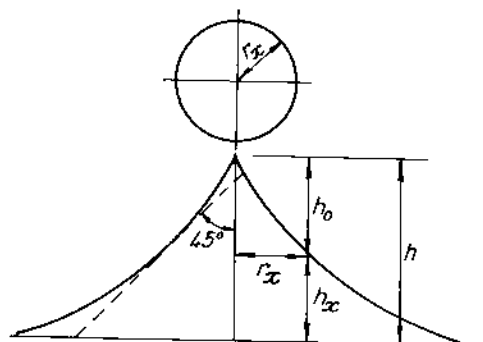
Hình 6.14: Phạm vi bảo vệ của một cột chống sét.

h - chiều cao cột chống sét (m);

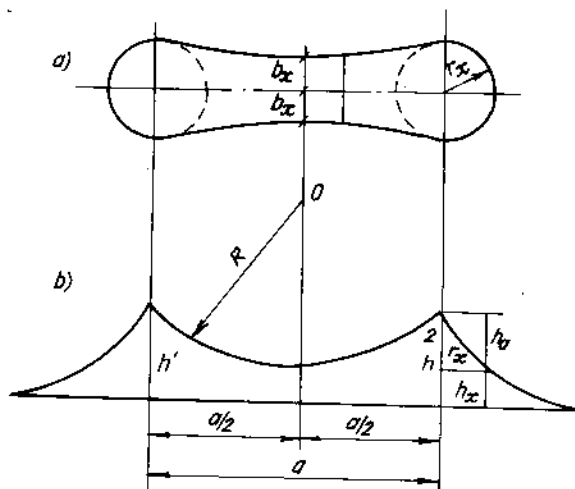
h_x - chiều cao vật được bảo vệ (m);

r_x - bán kính bảo vệ trên mặt bằng

vật bảo vệ có chiều cao là $h_a = h - h_x$ (khoảng hữu ích của cột thu lôi).



b) Phạm vi bảo vệ của 2 cột chống sét cao bằng nhau thường lớn hơn loại chỉ có một cột chống sét (hình 6.15). Phạm vi bảo vệ rộng hơn và cột chống sét làm thấp hơn là loại 1 cột. Phạm vi bảo vệ hẹp nhất là ở khoảng chiều rộng $2b_x$, chiều cao bảo vệ là h_x . Đối với trạm thủy điện nhỏ thường dùng chống sét 2 cột để bảo vệ trạm biến áp, cột sẽ ngắn, kinh tế hơn, dễ lắp ráp.



Hình 6.15: Phạm vi bảo vệ của 2 cột chống sét cao bằng nhau (h)

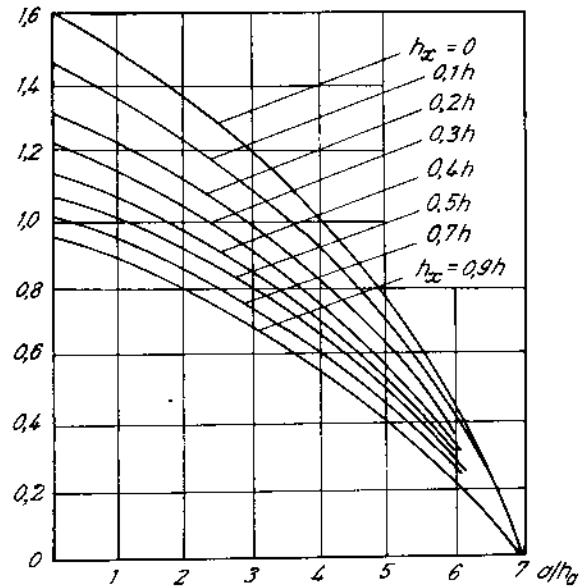
Khoảng cách bảo vệ hẹp nhất b_x được xác định theo cách sau: Trước hết giả định chiều cao h của cột chống sét. Biết được khoảng cách giữa 2 cột chống sét và chiều cao vật được bảo vệ h_x thì $h_a = h - h_x$. Ta tìm được tỉ số $\frac{a}{h_a}$. Căn cứ trị số giả định h và h_x đã cho ta tìm

được tỉ số $\frac{h_x}{h}$. Biết được $\frac{a}{h_a}$ và $\frac{h_x}{h}$ có thể tìm được tỉ số $\frac{b_x}{h_a}$ trên trục đứng của đồ thị 6.16.

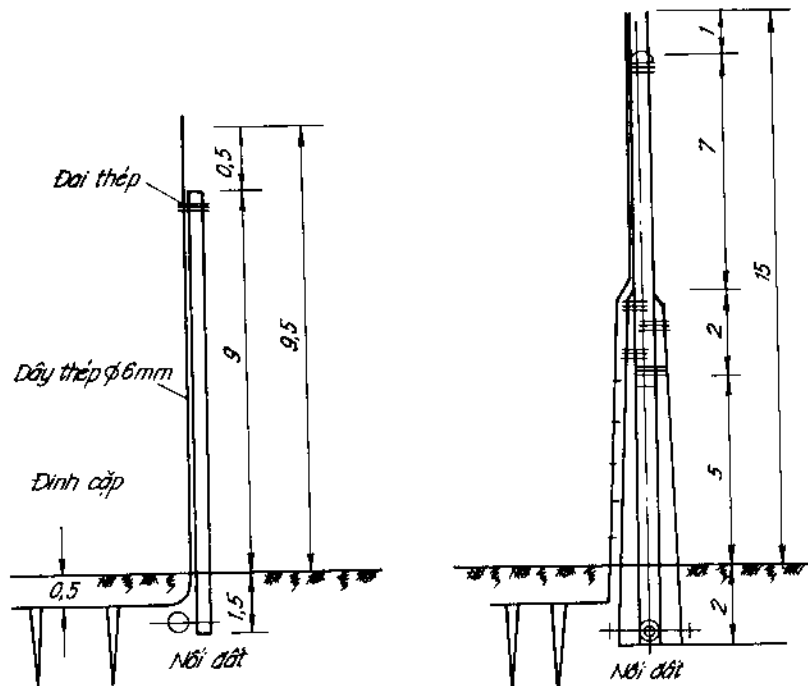
Sau đó đem tỉ số $\frac{b_x}{h_a}$ nhân với h_a ta được b_x . Nếu mặt bằng của vật được bảo vệ (có chiều cao h_x) đều trong phạm vi $2b_x$, chúng tỏ chiều cao cột chống sét đã giả định là thích hợp. Nếu phạm vi bảo vệ $2b_x$ không đủ hoặc quá rộng thì phải giả định h khác rồi tính lại theo trình tự trên.

Thông thường chiều cao cột chống sét từ $10 \div 15\text{m}$ là thích hợp.

Hình 6.16: Phạm vi bảo vệ nhỏ nhất của 2 cột chống sét có độ cao h . Tỉ số $\frac{a}{h_a} = 0 \div 7$.



c) Vấn đề tiếp địa của cột chống sét căn cứ vào yêu cầu về kĩ thuật quy định, điện trở tiếp địa của nó $\geq 10\Omega$ nhưng không được lớn hơn 25Ω , đồng thời nên nối đất riêng từng cột chống sét. Thông thường chung quanh mỗi cột chống sét chôn từ 2 ống gang trở lên là đạt yêu cầu. Ống gang hoặc sắt dài $2 \div 3\text{m}$ đóng xuống đất để làm cực tiếp địa cho cột chống sét. Phải đóng sao cho sâu dưới đất $0,5 \div 0,8\text{m}$. Cũng có thể dùng thanh tiếp địa nằm ngang đặt sâu cách mặt đất $0,5 \div 0,8\text{m}$. Chiều rộng mỗi thanh phải là $20 \div 30\text{mm}$ dày $4 \div 5\text{mm}$. Dùng thanh tiếp địa nằm ngang thích hợp cho đất có điện trở suất nhỏ ở lớp trên mặt cũng như trường hợp khó đóng ống xuống sâu. Thường dùng phương pháp hàn để nối liền dây tiếp địa



Hình 6.17: Bố trí cột chống sét

với vật tiếp địa. Đối với các trạm thủy điện nhỏ, khoảng cách từ dây dẫn xuống của dây tiếp địa cột chống sét đến các bộ phận dẫn điện không nhỏ hơn $4,5 \div 5\text{m}$. Hình 6.17 giới thiệu cách bố trí cột chống sét.

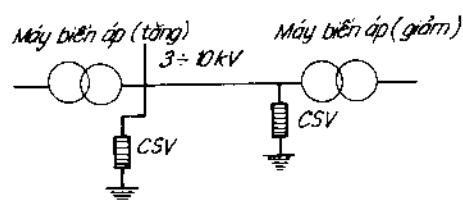
6.4.2. Bảo vệ chống sóng xung kích quá điện áp do sét

Trạm phân phối, nhà máy hoặc thiết bị đặt tập trung có thể bảo vệ chống sét bằng cột chống sét khá an toàn. Đường dây điện tuy có dây chống sét cũng không đảm bảo an toàn tuyệt đối được. Do đó khi sét đánh vào các đường dây, sóng điện áp cao sẽ chuyển theo đường dây vào trạm, qua máy cắt vào máy biến áp. Vì mục đích kinh tế nên các thiết bị của trạm bao giờ cũng có điện áp cách điện nhỏ hơn đường dây, cho nên sóng truyền theo đường dây có khả năng phá huỷ cách điện của các thiết bị trong trạm. Do đó cần phải có những thiết bị chuyên chống sét do sóng xung kích quá điện áp do sét.

1. Thiết bị chống sét phía cao áp của trạm biến áp: Tại thanh cái cao áp của trạm tăng áp hoặc ở đầu dẫn ra của dây tải điện lắp máy chống sét hình van.

Cũng có thể dùng máy chống sét kiểu sừng dê tự chế tạo lấy (hình 6.19). Những khi dùng loại máy chống sét này, để tránh sét đánh, các khe hở bị phóng điện mà phải ngừng điện, nên tốt nhất là có thiết bị đóng mở trùng lặp phối hợp sử dụng.

Dưới khe hở chính, tốt nhất làm thêm một khe hở phụ ở chỗ cách khe hở chính từ $2 \div 3\text{m}$ trở xuống để tránh khe hở chính khỏi sự cố ngắn mạch do gió thổi, rác rưởi, cỏ cây hoặc chim tạo thành. Khe hở hình sừng dê có thể tham khảo trong bảng 6.4 và cách đấu dây xem hình 6.19.

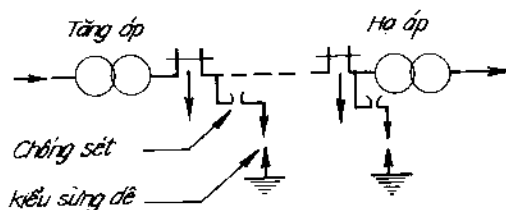


Hình 6.18: Sơ đồ đấu dây thiết bị chống sét kiểu van

Bảng 6.4. Khe hở máy chống sét kiểu sừng dê

Điện áp định mức của đường dây (kV)	3	6	10
Khe hở bảo vệ (mm)	8 - 20	15 - 40	25 - 50
Khe hở phụ (mm)	5	10	15

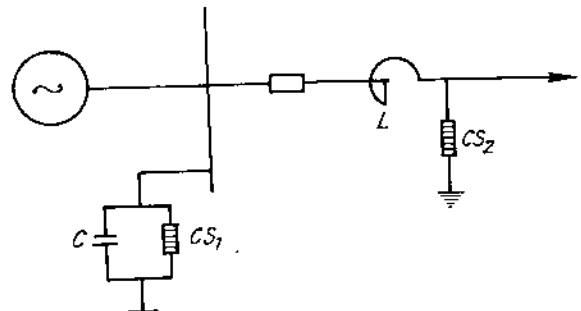
Hình 6.19: Sơ đồ đấu dây máy chống sét kiểu sừng dê để bảo vệ trạm biến áp $3 \div 10\text{kV}$



Kích thước ở bảng 6.4 là giá trị giới hạn dưới và giới hạn trên của khe hở bảo vệ. Khi thi công hoặc thiết kế phải chọn trong phạm vi này. Chọn quá lớn thì không có tác dụng bảo vệ, mà chọn quá nhỏ thì hay sự cố.

2. Khi máy phát điện nối trực tiếp với đường dây trên không, nên đặc biệt chú ý bảo vệ chống sét cho máy phát điện. Sơ đồ đấu dây xem hình 6.20. Trong sơ đồ chọn máy chống sét hình van cùng cấp điện áp với máy phát, khi sét đánh trên đường dây, sóng truyền theo đường dây vào trạm và gặp chống sét van 1 sẽ phóng điện. Chống sét van 1 có nhiệm vụ giảm bớt dòng điện sóng vào trạm để đảm bảo cho dòng điện qua chống sét van 2 không lớn.

- Để chắc chắn chống sét van 1 gây phóng điện, ta mắc thêm cuộn trở kháng L . Chống sét van 1 phải đặt trước cuộn điện kháng L để gây sóng phản xạ biên độ điện áp tăng đến 2 lần, đảm bảo chắc chắn cho chống sét van 1 tác động. Trên thanh góp máy phát đặt thêm chống sét van 2 và tụ điện C . Tụ điện C có tác dụng làm giảm nhỏ độ dốc của sóng điện áp. Thông thường lấy $C = 0,1 \div 0,5 \mu F$ và cùng cấp điện áp với máy phát. Cuộn điện kháng L bằng dây kim loại $\phi 20 \div 30mm$, cuộn $10 \div 20$ vòng. Chống sét van, tụ điện và cuộn kháng nên cố gắng đặt gần máy phát điện, đồng thời nối với máy phát chung vào đường tiếp địa của chống sét.



Hình 6.20: Sơ đồ đấu dây bảo vệ chống sét cho máy phát điện loại nhỏ

6.5. PHÂN LOẠI TIẾP ĐỊA

Trong một mạng điện vấn đề tiếp địa không thể thiếu được. Mục đích của nó là giữ cho điện áp trên một thiết bị nào đó luôn luôn thấp. Trong mạng điện thường có 3 loại tiếp địa, có những nhiệm vụ khác nhau.

Tiếp địa bảo vệ: để bảo đảm an toàn cho người và thiết bị.

Tiếp địa làm việc: như nối đất trung tính các máy biến áp, phụ thuộc vào trạng thái vận hành của hệ thống.

Tiếp địa chống sét: có nhiệm vụ truyền dòng điện sét từ cột thu lôi xuống đất.

Bất kỳ loại cơ cấu tiếp địa nào cũng đều gồm những vật tiếp địa và dây tiếp địa nối với nhau và nối với thiết bị cần tiếp địa. Vì vậy đôi khi cùng một số vật tiếp địa (loại cọc, ống, thanh dẹt) nhưng chúng thực hiện các nhiệm vụ trên một cách đồng thời.

Điện trở của vật tiếp địa bằng tổng các điện trở bản thân vật tiếp địa với điện trở của vùng đất xung quanh. Điện trở bản thân vật tiếp địa chỉ phụ thuộc vào kích thước của nó. Ở điện áp một chiều hoặc xoay chiều tần số công nghiệp rất nhỏ có thể bỏ qua được.

Điện trở phần đất xung quanh còn gọi là điện trở tản của vật tiếp địa tùy thuộc vào nhiều yếu tố như dạng dòng điện, trị số dòng điện, tần số dòng điện, loại đất, thời tiết... chủ yếu tùy thuộc vào điện trở suất của từng loại đất. Điện trở suất càng nhỏ thì điện trở tản nhỏ và càng có điều kiện thuận lợi cho tiếp địa. Trị số gần đúng tham khảo bảng 6.5 với độ ẩm khoảng 10 ÷ 20%. Điện trở suất của đất phụ thuộc rất nhiều đến độ ẩm trong đất. Vì vậy khi tính toán phải hiệu chỉnh trị số đo được bằng cách nhân với hệ số mùa k.

$$\rho_u = \rho_{đo}k$$

Hệ số mùa k phụ thuộc độ chôn sâu của vật tiếp địa và nhiệm vụ của tiếp địa tham khảo ở bảng 6.6.

Bảng 6.5. Các trị số gần đúng của điện trở suất

Tên đất	Giới hạn của các trị số nhân với 10 ⁴
Cát 4	4 ÷ 7 và lớn hơn
Đất cát	1,5 ÷ 4 và lớn hơn
Đất thịt	0,4 ÷ 1,5 và lớn hơn
Đất sét	0,08 ÷ 0,7 và lớn hơn (trị số trung bình 0,4)
Đất vườn	0,4
Đất đen	0,1 ÷ 5,3 và lớn hơn (trung bình bằng 2)
Than bùn	0,2
Nước sông	0,5
Nước biển	0,002 ÷ 0,01

Bảng 6.6. Hệ số mùa cho các dạng tiếp địa

Loại tiếp địa	Dạng tiếp địa	Độ chôn sâu (m)	k
Bảo vệ - công tác	Thanh ngang	0,5	4,5 - 6,5
		0,8	1,6 - 3,0
	Cọc	0,8	1,4 - 2
Chống sét	Thanh ngang Cọc	0,5	1,4 - 1,8
		0,8	1,2 - 1,4

6.5.1. Điện trở tiếp địa của một số vật tiếp địa thường dùng

1. *Cọc*: loại tiếp địa thường được dùng nhất là cọc dài khoảng 2 ÷ 3m, đường kính d từ 2 ÷ 6cm, độ chôn sâu 0,5 ÷ 0,8m (hình 6.21a), thì điện trở tiếp địa tính theo công thức:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}, \quad \Omega$$

Nếu dùng thép góc thì hiệu chỉnh lại.

Ví dụ: $\rho = 1.10^4 \Omega/\text{cm}$ (đất thịt), $l = 2\text{m}$, $d = 4\text{cm}$ thì $R = 42\Omega$.

2. Thanh ngang: Đôi khi dùng làm những tiếp địa độc lập nhưng thường dùng để nối những cọc tiếp địa vào với nhau (hình 6.21b). Tiết diện thanh có thể là $41 \times (20 \div 40)\text{mm}^2$ hoặc tròn có đường kính $\phi = (10 \div 20)\text{mm}$.

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{hb}, \quad \Omega$$

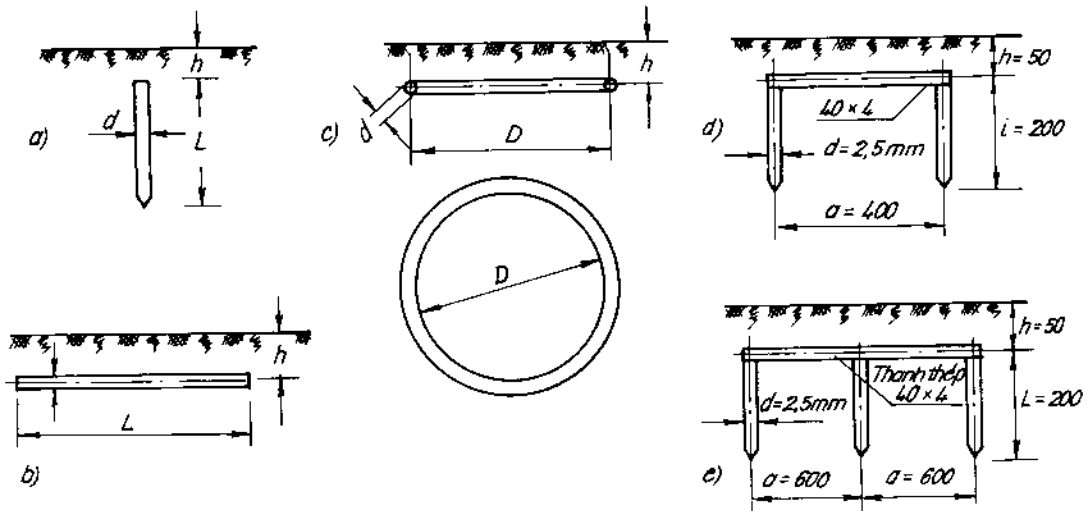
Trong đó: h - độ chôn sâu (mm);

b - bề rộng của tiết diện thanh (mm).

Thanh ngang có thể được uốn thành vòng tròn với mục đích làm bằng phẳng sự phân bố điện áp trong phạm vi vòng.

Vòng đặt ngang, đường kính D (hình 6.21c), có điện trở bằng:

$$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \ln \frac{4\pi D^2}{hd}, \quad \Omega \quad (15-6)$$



Hình 6.21: Dạng vật tiếp địa

3. Thanh ngang nối với cọc: Tiếp địa như hình 6.21d. Đối với đất thịt có $\rho = 10^4 \Omega/\text{cm}$ thì điện trở tiếp địa $R = 14\Omega$, nếu là đất cát $\rho = 0,7.10^4 \Omega/\text{cm}$, điện trở tiếp địa $R = 10\Omega$.

Tiếp địa như hình 6.21e. Đối với đất có $\rho = 10^4 \Omega/\text{cm}$ thì $R = 7\Omega$. Đối với đất cát $\rho = 0,7.10^4 \Omega/\text{cm}$ thì $R = 10\Omega$.

4. Điện trở của hệ thống tiếp địa: Nếu hệ thống gồm n vật tiếp địa có điện trở R thì điện trở của hệ thống sẽ giảm đi n lần: $R_n = \frac{R}{n}$. Song do có hiện tượng màn che, khoảng cách giữa các vật tiếp địa càng nhỏ thì càng không sử dụng được khoảng đất giữa chúng, do đó điện trở của hệ thống tiếp địa sẽ tăng lên so với $\frac{R}{n}$. Vì vậy:

$$R_{ht} = \frac{R}{n\eta} = \frac{R_n}{\eta}$$

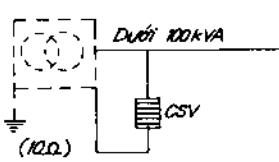
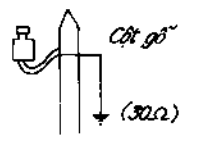
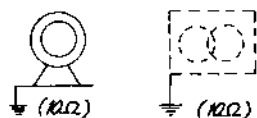
Hệ số $\eta < 1$ gọi là hệ số màn che hay hệ số sử dụng của hệ thống tiếp địa. Nó phụ thuộc vào hình dạng của hệ thống. Khi tính toán hệ số này tra trong các tài liệu chuyên môn.

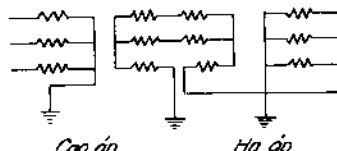
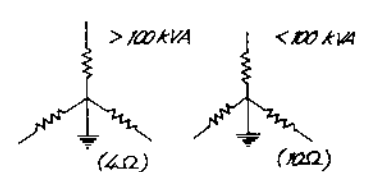
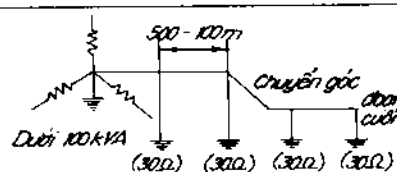
Hệ số sử dụng giữa các thanh cũng như giữa các thanh với các ống (thép góc) khi làm tiếp địa thành vòng chu vi có thể tham khảo ở bảng 6.7.

Bảng 6.7. Hệ số màn che η

Tỉ số khoảng cách giữa hai cọc và chiều dài cọc a/l	Số cọc tiếp địa (n)								
	4	6	8	10	20	30	50	70	100
1	0,45	0,40	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21	0,20	0,10
2	0,55	0,48	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28	0,26	0,24
3	0,70	0,64	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37	0,35	0,33

Bảng 6.8. Điện trở cho phép của hệ thống tiếp địa

Loại	Số	Loại và trang thiết bị	Sơ đồ tiếp địa	Điện trở tiếp địa cho phép	Ghi chú
Tiếp địa chống sét	1	Chống sét ống		10Ω	Dùng chung tiếp địa với vỏ máy biến áp
	2	Tiếp địa chân sứ hạ áp		30Ω	Dây trung tính hạ áp, tiếp địa trùng lặp có thể dùng chung
An toàn	3	Tiếp địa vỏ máy thiết bị cao hạ áp		4Ω (trên 100 kVA) 10Ω (dưới 100kVA)	Dùng chung với tiếp địa làm việc

Loại	Số	Loại và trang thiết bị	Sơ đồ tiếp địa	Điện trở tiếp địa cho phép	Ghi chú
Tiếp địa làm việc	4	Tiếp địa 1 pha cao áp		$R = \frac{50}{I_{dm}}$	Dưới 1kV không cho phép dùng đường dây đất hoặc dây trung tính công tác. Trên 1kV điện trở tiếp địa có thể tính $R = 50I_{dm}$; I_{dm} - dòng điện định mức dây cao áp.
	5	Trung tính tiếp địa hạ áp 380/220V (máy phát hoặc biến áp)		4Ω (trên 100 kVA) 10Ω (dưới 100 kVA)	
	6	380/220V đường dây hạ áp tiếp địa trùng lặp		30Ω (dưới 100 kVA) 10Ω (trên 100 kVA)	

Nếu trong hệ thống tiếp địa có n cọc với thanh ngang nối lại với nhau, ta có thể coi như chúng nối song song và tính điện trở theo công thức:

$$R_{ht} = \frac{R_c R_{th}}{n R_{th} + R_c} \cdot \frac{1}{\eta}$$

Trong đó: R_c - điện trở của 1 cọc;

R_{th} - điện trở của 1 thanh ngang;

R_{ht} - điện trở của hệ thống tiếp địa.

6.5.2. Điện trở cho phép của hệ thống tiếp địa

Điện trở tiếp địa càng bé càng tốt, càng đáp ứng với cả 3 yêu cầu của nhiệm vụ tiếp địa nói trên. Nhưng điện trở tiếp địa muốn càng nhỏ càng đòi hỏi chi phí nhiều. Cho nên phải chú ý cả mặt kinh tế lẫn yêu cầu kỹ thuật. Vì vậy trong quy phạm điện có quy định điện trở lớn nhất cho phép của hệ thống tiếp địa, căn cứ vào đó để thiết kế. Đối với các trạm thủy điện nhỏ có thể tham khảo điện trở cho phép của hệ thống tiếp địa trong bảng 6.8.

Để tiện xác định sơ bộ số lượng vật tiếp địa, dưới đây giới thiệu 2 bảng để tham khảo.

1. Với các trạm thủy điện và trạm biến áp công suất nhỏ hơn 100kVA, điện trở của hệ thống tiếp địa yêu cầu nhỏ hơn hay bằng 10Ω ($R \leq 10\Omega$). Để bảo đảm yêu cầu này có thể tham khảo số cọc cần thiết cho từng loại đất ở bảng 6.9.

Bảng 6.9. Số lượng cọc tiếp địa đối với từng loại đất

Vật và loại tiếp địa	Số lượng vật tiếp địa bằng sắt ống đường kính trong 50mm hay sắt góc L 75. 75.6 cần thiết cho từng loại đất					
	Đất sét	Đất trồng trọt ẩm ướt	Đất màu, đất mục	Đất sét pha cát (đất thô)	Đất mùn nát	Cát
Dùng sắt ống đường kính trong 50mm làm cọc tiếp địa cho dây trung hoà, vỏ máy, vỏ tủ điện, chống sét van	2	2	3	3	9	20
Dùng sắt góc L75.75.6 làm tiếp địa cho dây trung hòa, vỏ máy, vỏ tủ điện, chống sét van.	4	4	6	6	18	40

2. Với các trạm thủy điện và trạm biến áp có công suất lớn hơn 100kVA điện trở của hệ thống tiếp địa yêu cầu phải nhỏ hơn hay bằng 4Ω . Để đảm bảo yêu cầu này có thể tham khảo số cọc cần cho từng loại đất ở bảng 6.10.

Khi sử dụng 2 bảng trên cần chú ý. Vì điện trở suất của đất ở từng nơi không đo được chính xác hoặc không có điều kiện để đo cho nên sau khi thi công xong, cần phải tiến hành đo lại điện trở của hệ thống tiếp địa. Nếu thấy điện trở của hệ thống quá 4Ω thì phải tăng thêm cọc tiếp địa cho tới khi điện trở tiếp địa nhỏ hơn 4Ω .

Bảng 6.10. Số lượng cọc tiếp địa đối với từng loại đất

Loại cọc và loại tiếp địa	Số lượng vật tiếp địa bằng sắt ống đường kính trong 50mm hay góc L 75. 75.6 cần thiết cho từng loại đất					
	Đất sét	Đất trồng trọt ẩm ướt	Đất màu đất mục	Đất sét pha cát	Đất mùn cát	Cát
Dùng sắt ống đường kính trong 50mm làm tiếp địa cho dây trung hoà, vỏ máy, vỏ tủ điện, chống sét van.	6	6	10	10	30	70
Dùng sắt góc L75.75.6 làm cọc tiếp địa cho dây trung hoà, vỏ tủ điện, chống sét van.	2	12	10	20	60	140

6.6. HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG TRONG TRẠM THỦY ĐIỆN

Ở trạm thủy điện, thường áp dụng phương thức chiếu sáng đều. Căn cứ vào đặc điểm của nhà máy mà chọn hình thức bố trí đèn: theo hình vuông, hình chữ nhật, hình thoi... Buồng máy chính của trạm thủy điện nhỏ là quan trọng nên dùng công suất thấp sáng là $15 \div 20 \text{ W/m}^2$. Các nơi khác tùy điều kiện cụ thể mà quy định.

Có loại thấp sáng để làm việc đảm bảo bình thường ở buồng máy chính, phụ, bàn giấy, hành lang, trạm biến áp, đường ống dẫn nước, đập và đường giao thông.

Loại thấp sáng phòng sự cố có tác dụng để tiếp tục công tác khi trạm ngừng, xử lý sự cố hoặc để nhân viên đi lại. Do đó ở các buồng máy chính, hành lang nên thấp đèn phòng sự cố.

Nguồn điện thấp sáng dùng cho thấp sáng để làm việc, được dùng từ bảng điện đưa vào trong xưởng, dẫn đến tủ phân phối điện thấp sáng riêng, rồi từ đó dẫn qua các dây nhánh đến thiết bị thấp sáng.

Thấp sáng phòng sự cố thường dùng nguồn điện 1 chiều. Nói chung dùng một số bình ắc quy, đối với các trạm thủy điện nhỏ có thể dùng đèn pin.

1. Nguồn sáng và phương thức đấu dây:

Đối với trạm thủy điện nhỏ thường dùng bóng đèn điện và đèn neon làm nguồn sáng. Đèn dây tóc rẻ, dễ lắp, tuổi thọ bình quân 1000 giờ, dùng lâu sẽ mờ, hiệu suất phát quang thấp. Đèn ống hiệu suất phát quang tương đối cao tuổi thọ trung bình 2000 giờ.

Phương thức đấu dây thường dùng là từ nguồn điện 4 dây 3 pha 380/220V mắc 1 dây pha và 1 dây nguội tạo nên nguồn điện 220V, sau đó mắc đèn theo kiểu song song vào 2 dây đó. Như vậy khi có 1 đèn bị cháy thì không ảnh hưởng đến đèn khác, tiện kiểm tra. Nói chung số đèn mắc trên mỗi mạch sẽ không quá 15 bóng.

Một số cách mắc đèn thường dùng xem trong bảng 6.11.

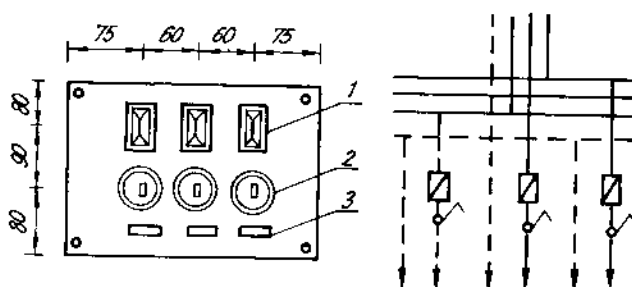
Bảng 6.11

Sơ đồ đấu dây	Cách mắc	Kí hiệu mắc
Công tắc 1 đèn		
Công tắc 1 chùm đèn		
Công tắc điều khiển 2 nơi		

Ghi chú: ⊕ Công tắc 1 chiều
× Đèn

⊕ Công tắc 2 chiều
— 3 dây song song

Bảng điện: Kích thước bảng điện phụ thuộc vào số đường dây dẫn ra, dày $25 \div 30\text{cm}$. Bảng điện làm bằng vật liệu chịu lửa. Dùng dây điện bọc nhựa mắc trong bảng điện. Mặt trước bảng điện mắc cầu chì, công tắc... số lượng các thiết bị đó tùy thuộc vào đường dây. Bảng điện nên đặt cách mặt đất từ $1,5 - 1,7\text{m}$, có thể đặt ngoài hoặc trong tường. Hình 6.22 là bảng điện với sơ đồ mắc dây 3 pha 3 đường dây.



Hình 6.22: Bảng điện thấp sáng
1. Cầu chì; 2. Cầu dao; 3. Số hiệu đường dây

6.6.1. Những điều cần biết khi thiết kế và lắp ráp

1) Công suất đèn và số đèn căn cứ vào yêu cầu tiêu chuẩn thấp sáng của nhà máy mà tính toán. Đối với các phòng, nếu dùng bóng đèn thường thì lấy $4 \div 10 \text{ W/m}^2$ đối với đèn ống thì lấy $4 \div 8 \text{ W/m}^2$.

2) Dây dẫn mắc đèn: dùng dây dẫn bằng đồng bọc cao su, nhựa. Tiết diện dây dẫn không nhỏ hơn $1,0\text{mm}^2$, dòng điện 6A dùng lâu dài được.

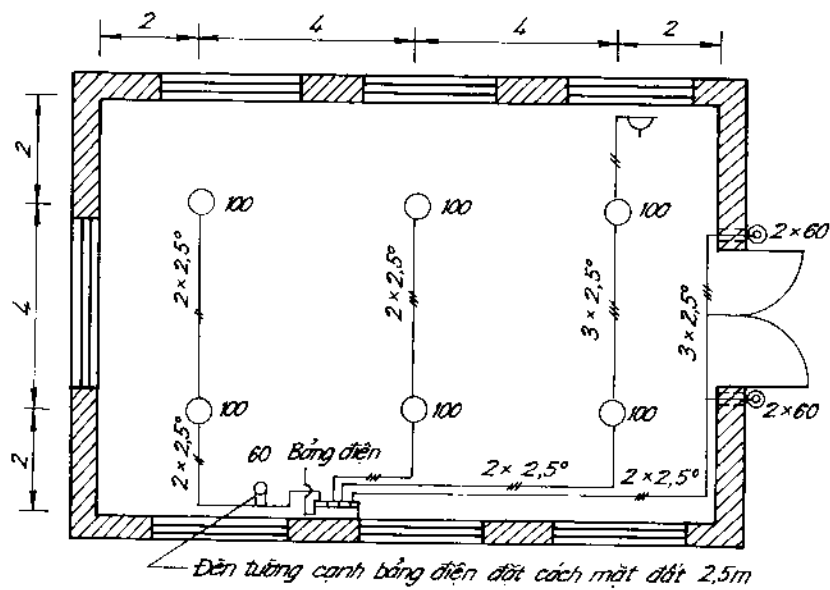
3) Bảng điện nếu làm bằng kim loại thì phải nối đất kĩ. Bảng điện lắp cầu dao $5 \div 10\text{A}$, thường dùng 5A; dòng điện tương đối lớn thì dùng loại 10A. Cầu dao trên tường dùng loại thông thường. Cầu dao ngoài nhà dùng loại cầu dao chống nước, đối với loại đèn điều khiển 2 nơi thì dùng cầu dao 3 pha. Điện áp của các thiết bị điện cần thoả mãn yêu cầu điện áp đường dây. Nếu là đường dây đặt chìm thì dùng loại cầu dao kiểu lắp vào tường.

4) Công suất cầu chì lấy bằng dòng điện trên mỗi mạch rẽ đèn nhân với hệ số an toàn k ($k = 1,25 \div 1,50$). Hộp cầu chì có thể dùng kiểu lắp vào, công suất cầu dao nên lớn hơn công suất cầu chì.

5) Nên tận dụng cân bằng phụ tải thấp sáng của mỗi pha (phụ tải các pha A, B, C gần bằng nhau).

6) Chung quanh các thiết bị chủ yếu trong và ngoài nhà máy, nên lắp một số đèn dùng thấp sáng khi sửa chữa.

Tham khảo một trường hợp bố trí đèn trong buồng máy chính (hình 6.23).



Kí hiệu

- | | | | |
|--|---------------------------------|--|-------------------------------|
| | Bảng điện 4 dây | | 3 dây điện 2,5mm ² |
| | 100 - 100 Đèn cầu 100 W | | Dây điện luồn qua ống |
| | 60 - 60 Đèn móc vào tường 60x60 | | Giá đèn móc dưới |
| | 2x60 Đèn nằng 2x60 W | | Giá đèn |
| | Công tắc | | |

Hình 6.23: Sơ đồ bố trí đèn

Chương 7

THI CÔNG CÁC CÔNG TRÌNH THỦY CÔNG

7.1. GIỚI THIỆU CHUNG

1. Nhiệm vụ thi công

Để đảm bảo thi công các công trình thủy công theo đúng kế hoạch, trước hết phải có kế hoạch tổ chức thi công chính xác tiện việc chỉ đạo cụ thể nắm vững tiến độ và chất lượng thi công.

2. Nguyên tắc cơ bản vạch kế hoạch tổ chức thi công

Kế hoạch tổ chức thi công phải dựa trên các nguyên tắc sau:

1. Theo đúng thời kì thi công quy định, bảo đảm thời gian hoàn thành và phát điện.
2. Bảo đảm chất lượng công trình, thi công và vận chuyển an toàn.
3. Lao động, vật liệu, thiết bị dùng trong kế hoạch phải ít nhất.
4. Thu thập tài liệu địa hình, địa chất, thủy văn và các tài liệu liên quan, phải đi sâu nghiên cứu, điều tra thực tế sau đó mới vạch kế hoạch.
5. Phương pháp thi công đơn giản, thiết thực và chú ý đến sử dụng vật liệu địa phương.

3. Tài liệu cơ bản cần thiết cho việc vạch kế hoạch tổ chức thi công.

1. Tài liệu thủy văn, khí tượng.

- (1) Lưu lượng bình quân và lưu lượng lớn nhất, nhỏ nhất ở thực đo hàng tháng trong năm
- (2) - Lưu lượng lớn nhất không cùng tần suất các tháng.
- (3) - Đường quá trình thời gian lũ.
- (4) - Đường quan hệ lưu lượng và mực nước ở tuyến đập.
- (5) - Đường quan hệ mực nước và dung tích hồ
- (6) - Tài liệu thống kê ngày mưa và lượng mưa.
- (7) - Các tài liệu về nhiệt độ, độ ẩm, sức gió, hướng gió, lượng bốc hơi mặt nước...

Nếu tài liệu (2) khó thu thập, ta căn cứ vào tài liệu (1) để chọn lưu lượng tiêu chuẩn thiết kế dẫn dòng. Nếu tài liệu (1) và (2) cũng không có thì cần điều tra vết tích nước lũ hoặc nước kiệt, dựa vào đó làm lưu lượng thiết kế dẫn dòng.

2. Tài liệu địa hình.

(1) - Bản đồ địa hình khu vực hồ: thường dùng tỉ lệ $1/10.000 \div 1/50.000$, cá biệt nơi nào cần trắc đạc bổ sung thì dùng tỉ lệ tương đối lớn: $1/2000 \div 1/5000$.

(2) - Bản đồ địa hình khu vực đập: tỉ lệ $1/2000 \div 1/5000$.

(3) - Bản đồ địa hình tuyến đập: thường dùng tỉ lệ: $1/1000 \div 1/2000$.

(4) - Bản đồ cắt dọc lòng sông: chiều ngang dùng tỉ lệ $1/200$, chiều đứng tỉ lệ $1/200$.

3. Địa chất thuỷ văn và địa chất công trình.

(1) - Bản đồ địa chất công trình tổng hợp ở tuyến đập.

(2) - Bản đồ địa chất tổng hợp mặt cắt ngang và dọc khu vực đập.

(3) - Bản đồ đường đồng mức tầng đất phủ, miền phong hoá, đá nền đập.

(4) - Chỉ tiêu cơ lí tầng đất phủ và nham thạch nền đập, hướng nước ngầm chảy; nguồn nước dùng cho thi công và các tài liệu phân tích về chất nước.

4. Tài liệu khác liên quan đến tổ chức thi công.

(1) - Điều kiện giao thông vận tải.

(2) - Nguồn điện cung cấp cho thi công.

(3) - Nguồn lao động.

(4) - Các nguồn thiết bị - vật tư.

(5) - Hoàn cảnh vệ sinh.

(6) - Tình hình sản xuất và xí nghiệp ở gần khu thi công.

4. Nội dung chủ yếu về tổ chức kế hoạch thi công

Theo nguyên tắc cơ bản là trước khi thi công phải tiến hành so sánh phương án để chọn được một phương án tổ chức thi công hợp lí và có lợi nhất về các mặt kĩ thuật, kinh tế.

Nội dung của kế hoạch tổ chức thi công thường bao gồm:

1. Phân tích điều kiện thi công. Căn cứ vào đặc tính công trình đã thiết kế và căn cứ vào các tài liệu cơ bản đã khảo sát tìm hiểu hiện trường, tiến hành phân tích để nêu được đặc điểm cơ bản về thi công công trình đó.

2. Dẫn dòng thi công. Chọn phương án dẫn dòng, chặn dòng, phương pháp tiêu nước hồ móng, thiết kế công trình dẫn dòng và các biện pháp thi công...

3. Phương pháp thi công. Dưới đây sẽ nêu phương pháp thi công từng loại công trình: đập đất, đập đá đổ, đắp đập bằng nổ mìn định hướng, bằng gạch, bê tông, bê tông cốt thép...

4. Kế hoạch về tiến độ thi công.

5. Bản đồ bố trí tổng thể mặt bằng thi công.

5. Dự toán đầu tư công trình

Căn cứ vào kế hoạch tổ chức thi công công trình ta xác định số lượng lao động, vật liệu, thiết bị, dự toán đầu tư toàn bộ công trình.

7.2. DẪN DÒNG THI CÔNG

7.2.1. Nhiệm vụ và ý nghĩa của dẫn dòng thi công

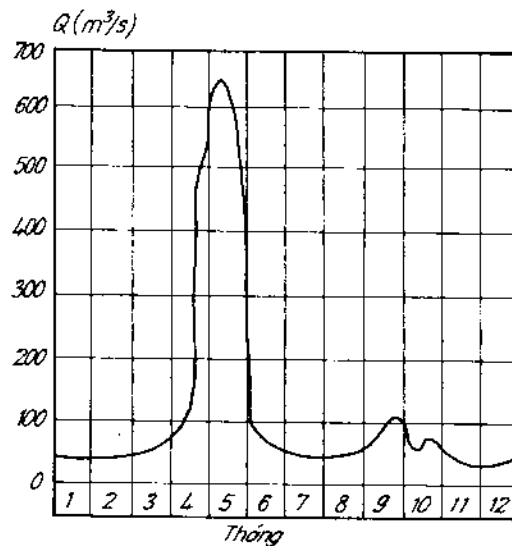
Ngoài việc đắp đập trên các sườn đồi hoặc trong mùa kiệt ở các sông nhỏ, thì đại bộ phận thi công các công trình thủy công do dòng chảy ở sông làm ảnh hưởng. Nói chung yêu cầu điều kiện thi công tốt là thi công trên khô. Mặt khác, trong quá trình thi công có thể làm điều kiện thiên nhiên của dòng sông bị thay đổi, làm ảnh hưởng đến công tác bình thường của các ngành kinh tế khác. Nhiệm vụ của dẫn dòng thi công là bảo đảm thi công thuận lợi, bảo đảm công tác bình thường của các ngành kinh tế, đồng thời dòng nước vẫn chảy.

Dẫn dòng thi công là một vấn đề chuyên môn trong tổ chức thi công công trình thủy lợi. Nó ảnh hưởng trực tiếp đến tiến độ thi công, bố trí thi công và giá thành của công trình. Vì thế trong kế hoạch thi công quan trọng nhất là thiết kế dẫn dòng thi công. Thiết kế dẫn dòng thi công phải giải quyết những vấn đề: tiêu chuẩn thiết kế dẫn dòng, phương án dẫn dòng, kích thước và hình thức các kết cấu dẫn dòng và tháo nước hồ móng công trình...

7.2.2. Cách chọn lưu lượng thi công

Trong thời kỳ thi công, lưu lượng chảy trong sông gọi là lưu lượng thi công. Lưu lượng thi công thay đổi trong từng thời kỳ khác nhau và có thể chênh lệch rất lớn. Để biểu diễn sự thay đổi đó ta thường dùng đường quá trình lưu lượng. Đường này chỉ rõ tình hình lưu lượng phân bố và thay đổi trong một năm.

Khi tiến hành thiết kế thi công, lưu lượng dùng làm lưu lượng thi công gọi là lưu lượng thiết kế thi công. Thường ta chọn lưu lượng đỉnh lũ tức thời lớn nhất trong thời gian thi công, giá trị này khác nhau tùy thuộc vào tần suất lớn hay nhỏ. Trong thi công dẫn dòng thường chọn tần suất lưu lượng thiết kế thi công là $20\% \div 5\%$.



Hình 7.1: Đường quá trình lưu lượng

Căn cứ vào đường quan hệ lưu lượng và mực nước của dòng sông (hình 7.2) ta có thể quyết định được độ cao an toàn của đê quay đối với từng lưu lượng, đồng thời dựa vào đường đồng mức trên bình đồ ta sẽ biết được khu vực bị ngập.

Khi đã chọn được tần suất lưu lượng thiết kế thi công sẽ căn cứ vào tài liệu thủy văn mà tìm ra lưu lượng thiết kế thi công trong một thời gian thi công nhất định. Phương pháp đơn giản nhất là dùng đường quá trình lưu lượng của năm thiết kế sẽ dễ dàng quyết định giá trị lưu lượng và thời kì thi công.

7.2.3. Phương pháp dẫn dòng thi công

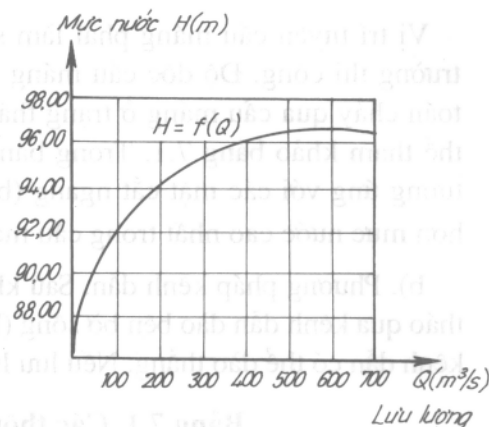
Có thể phân thành hai loại phương pháp dẫn dòng thi công

1. *Phương pháp dẫn dòng một lần*: Chấn ngay dòng sông một lần, các công trình chủ yếu xây dựng ngay một lần trong hố móng, lưu lượng của dòng sông cũ sẽ tháo đi qua các công trình dẫn dòng chuyên môn ra ngoài dòng sông. Khi dòng sông hẹp, thời kì thi công ngắn, lưu lượng nhỏ, không có vận tải trên sông, đặc biệt trong công trình gồm các công trình để tháo lưu lượng lâu dài thì phương pháp này rất tiện lợi. Công trình dẫn dòng loại này thường là cầu máng, kênh hoặc cống ngầm.

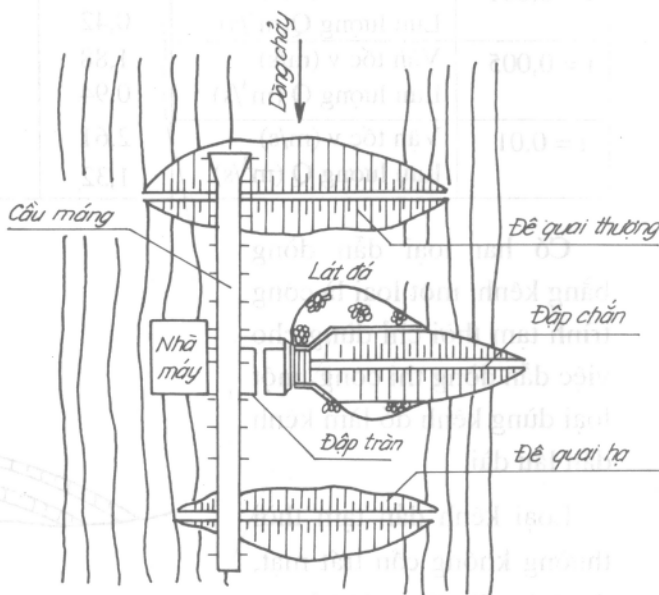
a) *Phương pháp cầu máng*: Nếu công trình nhỏ, nước nông, lưu lượng nhỏ có thể dùng phương pháp dẫn dòng bằng cầu máng trong thời kì thi công. Khi đã đắp đê quai phía thượng, hạ lưu hố móng thì lưu lượng thi công sẽ tháo qua cầu máng đặt trên đê quai (hình 7.3). Cầu máng bằng gỗ thường có tiết diện hình chữ nhật, cũng có khi lắp ghép bằng bê tông cốt thép. Ưu điểm của cách này là đơn giản, nhanh, thường dùng cho lưu lượng nhỏ hơn $30\text{m}^3/\text{giây}$. Cầu máng có thể sử dụng nhiều lần. Vị trí đặt cầu máng không được làm ảnh hưởng đến thi công.

Tính toán thủy lực cầu máng khi đã biết được lưu lượng thiết kế có thể tiến hành theo các bước sau:

1. Định tuyến và độ dốc cầu máng.
2. Giả thiết kích thước tiết diện cầu máng tiến hành tính thủy lực (tính chiều sâu nước, vận tốc) và tổn thất ở cửa nước vào cầu máng.
3. Chọn hình thức kết cấu, tính thủy lực.
4. Định lưu lượng và vận tốc từng độ sâu dòng chảy trong cầu máng.



Hình 7.2: Đường quan hệ lưu lượng và mực nước



Hình 7.3: Dẫn dòng bằng cầu máng

Vị trí tuyến cầu máng phải làm sao cho cầu máng và các trụ đỡ ảnh hưởng ít đến hiện trường thi công. Độ dốc cầu máng định ra do mực nước thượng hạ lưu khi lưu lượng tính toán chảy qua cầu máng ở trạng thái chảy đều, ta sơ bộ xác định kích thước cầu máng. Có thể tham khảo bảng 7.1. Trong bảng cho biết quan hệ độ dốc cầu máng i và lưu lượng Q tương ứng với các mặt cắt ngang (b và h). Chiều cao tấm bên của cầu máng phải làm cao hơn mực nước cao nhất trong cầu máng là $0,3 \div 0,5\text{m}$ làm độ vượt cao an toàn.

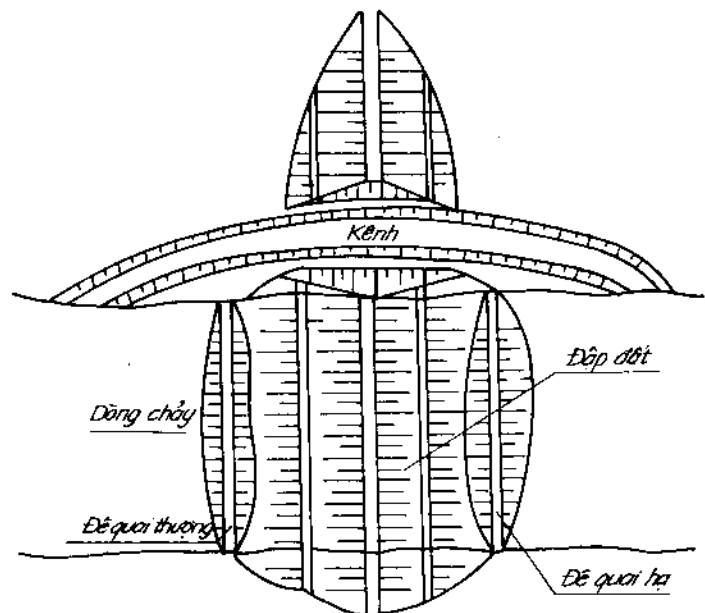
b). Phương pháp kênh dẫn. Sau khi đã đắp đê quai chắn dòng, lưu lượng thi công sẽ được tháo qua kênh dẫn đào bên bờ sông (hình 7.4). Khi bờ sông tương đối thấp và khúc sông cong kênh dẫn có thể đào thẳng. Nếu lưu lượng thi công lớn quá thường không dùng kênh dẫn.

Bảng 7.1. Các thông số thủy lực của cầu máng bằng gỗ

Các thông số thủy lực		Bề rộng và bề sâu của nước trong cầu máng (m)				
		$1 \times 0,5$	$1,5 \times 0,75$	2×1	$2,5 \times 1,25$	$3 \times 1,5$
Diện tích ướt ω (m^2)		0,60	1,125	2	3,125	4,5
Chu vi ướt (m)		2,00	3	4	5	6
Bán kính thủy lực R (m)		0,25	0,375	0,5	0,625	0,75
Hệ số nhám n		0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Độ dốc đáy máng i		0,0063	0,0054	0,0044	0,0046	0,0043
$i = 0,001$	Vận tốc v (m/s),	0,84	1,14	1,35	1,58	1,77
	Lưu lượng Q (m^3/s)	0,42	1,28	2,7	4,87	7,97
$i = 0,005$	Vận tốc v (m/s)	1,88	2,50	3,04	3,48	3,94
	Lưu lượng Q (m^3/s)	0,94	2,81	6,14	10,87	17,73
$i = 0,01$	Vận tốc v (m/s)	2,61	3,52	4,28	4,40	5,55
	Lưu lượng Q (m^3/s)	1,32	3,96	8,56	15,31	24,98

Có hai loại dẫn dòng bằng kênh: một loại là công trình tạm thời chỉ dùng cho việc dẫn dòng thi công, một loại dùng kênh đó làm kênh dẫn lâu dài.

Loại kênh dẫn tạm thời thường không cần trát mặt, đơn giản là dùng đá bảo vệ mặt kênh. Tiết diện kênh khi chọn phải bảo đảm cho đáy kênh và bờ kênh không bị xói lở. Độ dốc lớn nhất của kênh do độ chênh lệch mực nước đầu kênh và cuối



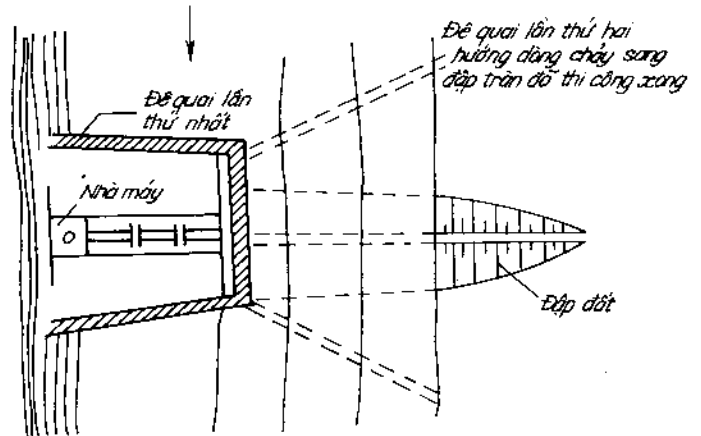
Hình 7.4: Dẫn dòng bằng kênh

kênh quyết định. Tính thủy lực kênh dẫn dòng chảy đều cũng giống như tính thủy lực của cầu máng.

c) Phương pháp cống ngầm

Khi đã đắp đê quai chặn dòng, lưu lượng thi công sẽ tháo theo cống ngầm dùng lâu dài hay tạm thời ở lòng sông. Phương pháp này thích hợp với lưu lượng thi công không lớn với điều kiện cống ngầm dùng lâu dài hoặc tạm thời làm được ở trên khô.

Điều kiện thủy lực trong cống ngầm được chia làm 2 loại: có áp và không áp (tham khảo các sách thủy lực).



Hình 7.5: Đê quai dẫn dòng hai lần

2. Phương pháp dẫn dòng hai lần

Nếu lòng sông rộng, hoàn thành khối lượng công trình chặn dòng một lần quá lớn hoặc mùa kiệt lưu lượng nhỏ, nhưng mùa lũ lưu lượng lớn không dùng được phương pháp dẫn bằng kênh máng, ta phải dùng phương pháp dẫn dòng hai lần (hình 7.5).

Phương pháp chặn dòng hai lần trước hết là đắp đê quai ngăn một phần lòng sông để nước chảy qua lòng sông còn lại. Đến khi làm xong công trình trong đê quai, bắt đầu đắp đê quai bên bờ kia và phá bỏ đê quai của công trình thời kì thứ nhất. Dòng nước sẽ tháo qua công trình tháo nước trong phần công trình đã làm xong đồng thời sẽ hoàn thành nốt một phần công trình trong đê quai của thời kì thứ hai.

Do đắp đê quai, nên mặt cắt lòng sông bị giảm nhỏ làm mực nước thượng lưu đê quai dâng lên và lưu tốc ở đoạn co hẹp tăng lên. Lòng hẹp đó bị xói mòn cho đến khi lưu tốc giảm xuống bằng lưu tốc xói cho phép của tầng đất bồi mới thôi và mực nước ở trước đê quai cũng theo đó mà giảm xuống. Nói chung rất khó phán đoán độ sâu và hình dạng lòng sông bị xói mòn. Thông thường trước và sau khi lòng sông bị xói mòn, tiết diện là hình lòng chảo (parabôn), mà sau khi xói mòn chỉ làm cho lòng sông sâu hơn, nhưng chiều rộng thay đổi rất ít.

Có thể dùng phương pháp sau đây để tính trị số mực nước dâng lên phía trước đê quai và chiều sâu có khả năng xói mòn sâu nhất cạnh đê quai trong lòng sông có tiết diện hình lòng chảo (parabôn).

Mặt cắt có ích của lòng sông cạnh đê quai khi bị xói mòn có thể tính theo công thức:

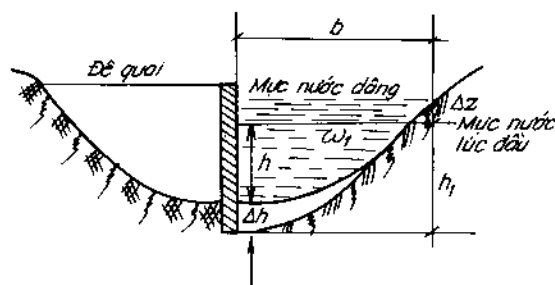
$$w_1 = \frac{Q}{V_1}$$

Độ sâu nước lớn nhất của mặt cắt bị co hẹp ở lòng sông hình parabol là:

$$h_1 = \frac{3}{2} \frac{\omega_1}{b}$$

Chiều sâu bị xói mòn ở bên đê quai tính theo công thức sau:

$$\Delta h = h_1 - h = \frac{3}{2} \frac{\omega_1}{b} - h$$



Hình 7.6: Mức nước sau khi có đê quai

Trong đó:

ω - mặt cắt có ích của dòng sông trước khi chưa đắp đê quai (m^2);

b - chiều rộng của sông chỗ mặt cắt bị co hẹp (m);

h - chiều sâu mực nước sâu nhất ở mặt cắt bị co hẹp khi chưa xói mòn (m);

Cột nước cao nhất ở thượng lưu đê quai lúc ban đầu:

$$\Delta Z = \frac{1}{\varphi^2} \cdot \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v^2}{2g}$$

Trong đó:

φ - hệ số lưu tốc 0,85 ÷ 0,90

v_1 - lưu tốc cho phép tránh khỏi xói mòn lòng sông (m/s).

Để bảo đảm an toàn, khi tính chiều cao đê quai thường bỏ qua lưu tốc đến, nên công thức trên viết lại:

$$\Delta Z = \frac{1}{\varphi^2} \cdot \frac{v_1^2}{2g}$$

1. Hình thức và cấu tạo đê quai

Đê quai là một công trình tạm thời đắp để bảo vệ hố móng khi xây dựng các công trình. Ngoài tác dụng ngăn nước ra, đê quai còn có tác dụng dẫn dòng, tháo lũ. Có trường hợp dùng để nâng cao cột nước cho trạm thủy điện sớm bước vào vận hành.

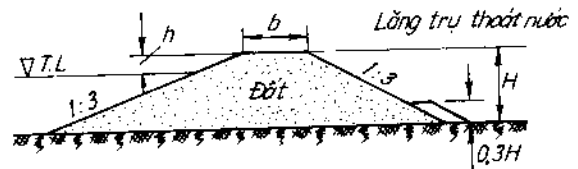
Cấu tạo của đê quai ngoài việc thoả mãn yêu cầu ngăn nước (như ổn định, không thấm nước, chống được xói mòn) còn cần xét đến hình thức và cấu tạo phải đơn giản và kinh tế để tiện cho thi công, sửa chữa, phá bỏ và tôn cao được nhanh chóng.

Trước hết phải xét đến ba nhân tố: dùng vật liệu địa phương, vật liệu có thể dùng lại được nhiều lần, đê quai có thể làm một phần của đập.

Căn cứ vào điều kiện thủy văn, địa chất cụ thể ở đó mà chọn hình thức đê quai cho hợp lí. Vật liệu xây dựng đê quai khác nhau nên thường có những hình thức sau:

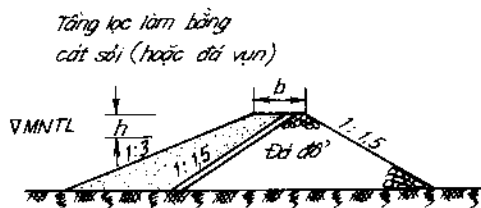
a) Đê quai bằng đất hay dùng nhất. Nói chung các loại đất đều đắp được, tốt nhất là đất pha cát, đất thường và các đất không chứa quá 30% đá sỏi, vì các vật liệu này thi công giản đơn, để đạt được độ lèn chặt lớn nhất, có thể dùng các đất đào ở kênh và hố móng. Cấu tạo giống hình 7.7, đỉnh không nên nhỏ quá 2m. Nếu yêu cầu làm đường thì mặt đê có thể rộng hơn. Loại này có khuyết điểm là đáy đê rộng, ảnh hưởng đến diện tích thi công, khi đê quai không cao thì dùng loại này tương đối hợp lí.

Thi công đê quai bằng đất, trước hết có thể đổ đất trong nước, đổ khi đất cao hơn mặt nước, lúc đó tiếp tục đắp thân đê. Chỉ khi nào lưu tốc lớn (thường vượt quá 0,6 - 0,7m/s) thì phải đổ đá hoặc tạo thành các hàng cừ để nước ở trạng thái tĩnh, lúc đó mới đắp được.



Hình 7.7: Mặt cắt ngang đê quai bằng đất

b) Đê quai bằng đá đổ. Có thể lợi dụng khi khai thác đá để thi công hoặc khai thác khi đào các hố móng. Phía thượng lưu đê thường làm tường nghiêng ngăn nước bằng đất (hình 7.8).



Hình 7.8: Mặt cắt ngang đê quai đá đổ

Phương pháp thi công đập đá đổ rất đơn giản, trước hết là đổ đá, sau làm tầng lọc, cuối cùng làm tường nghiêng bằng đất.

Đê quai bằng cũi gỗ hay lồng tre được dùng khi lưu tốc dòng chảy lớn, móng không đóng được cọc, có sẵn gỗ, tre đá có thể làm đê quai bằng lồng gỗ hoặc tre. Đặc điểm là kết cấu thành khối liên, đỉnh đê có thể làm đường vận chuyển, có thể làm cao, đáy đê không lớn, khi cần thiết đỉnh có thể làm tràn. Khi hố móng cho phép ngập dùng loại này rất thích hợp.

2. Chặn dòng

Khi thi công đê quai, dòng chảy bị co hẹp dần, lưu tốc tăng dần lên, điều kiện thi công cũng khó dần. Khi đê quai ép dòng chảy đến một vị trí nào đó, không thể dùng phương pháp thi công thông thường được, cuối cùng đê quai còn lại một chỗ nước chảy gọi là "cửa chặn dòng". Công tác lấp miệng nước chảy này lại gọi là "chặn dòng". Phương pháp chặn dòng thường có hai loại:

a) Chặn dòng bằng đổ đất trong dòng nước chảy. Lí luận cơ bản của chặn dòng bằng phương pháp đổ đất trong nước là làm cho dòng chảy vượt quá năng lực vận chuyển đất, như vậy số đất thừa đó sẽ lắng đọng lại và cuối cùng chặn được dòng chảy.

b) Chặn dòng bằng đá đổ. Phương pháp này dùng tương đối rộng rãi, rất bảo đảm.

Đổ đá chặn dòng có 2 phương pháp là lấp đứng và lấp nằm

a) Phương pháp lấp nằm: Vật liệu đổ xuống, miệng chảy nằm ngang thành từng tầng đến khi chặn được dòng chảy. Phương pháp này thích hợp trong phạm vi:

- Trong lòng sông nền mềm, có thể tránh được xói mòn hoặc lở rộng.
- Yêu cầu cường độ đổ lớn.
- Có điều kiện để đặt cầu nổi và bắc cầu.

b) Phương pháp lấp đứng: Vật liệu đổ từ hai bên miệng chảy vào giữa, hoặc đổ từ bên này sang bên kia, còn gọi là phương pháp lấn dần. Phương pháp này thích hợp trong phạm vi:

- Lòng sông đá cứng không có xói mòn.
- Cường độ đổ không lớn.
- Có đầy đủ vật liệu để đổ, vật liệu hao phí tương đối nhiều vì chiều rộng mặt khu vực đổ phải thỏa mãn đủ cho việc sử dụng các thiết bị đổ.

Khi chọn phương pháp chặn dòng, phải căn cứ vào điều kiện thủy lực (mức nước chênh lệch lớn nhất, lưu lượng đơn vị, lưu tốc lớn nhất, hình dạng vật liệu đổ, trọng lượng và đường kính..., điều kiện thi công (vật liệu địa phương, hiện trường thi công, công cụ thi công, nhân lực), điều kiện địa hình (độ dốc 2 bên bờ, tình hình giao thông), loại đập, hình thức công trình tháo và ngăn nước, trình độ thi công... Tiến hành phân tích toàn diện các nhân tố đó, đồng thời còn phải xét đến khi chặn dòng lưu tốc tăng dần lên, xói mòn mạnh làm cho chặn dòng khó khăn. Phải có những biện pháp xử lý cụ thể và hướng để giải quyết. So sánh chọn các phương án kinh tế - kỹ thuật để tìm một phương thức chặn dòng hợp lý nhất.

7.3. PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG

7.3.1. Khái quát

Phương pháp thi công là biện pháp cụ thể để thực hiện kế hoạch tổ chức thi công. Lựa chọn chính xác hay không đều trực tiếp ảnh hưởng đến chất lượng công trình và an toàn trong thi công. Cho nên nhiệm vụ chủ yếu khi định biện pháp cụ thể là phải coi trọng chất lượng công trình, thi công an toàn.

7.3.2. Xử lý nền

Việc xử lý nền là một khâu quan trọng trong việc xây đập. Mỗi một tuyến đập khi đã khảo sát xong cần phải nêu ý kiến sơ bộ việc xử lý nền, thiết kế và khảo sát cùng nghiên cứu mới định rõ được cách xử lý. Căn cứ vào nền khác nhau mà chia thành hai loại: xử lý

nền đá và nền đất phủ. Đặc điểm ở đây là hồ chứa nhỏ, nên chủ yếu giới thiệu những điểm căn bản về xử lý nền cho đập đất và đập đá đổ.

1. Xử lý nền đá

Những đập xây dựng bằng vật liệu địa phương xử lý nền yêu cầu không cao. Khi đáy đập nằm trực tiếp trên nền đá, phương pháp dọn nền cho đập đá và đất như sau:

1. Nền đá rắn và hoàn chỉnh, chỉ cần bóc tầng đất phong hoá và mềm đi, tường ngăn nước đặt trực tiếp trên nền đá.

2. Tầng đất phủ không dày, bên dưới là đá cứng, thì móng tường ngăn nước phải xây ngập xuống nền đá, ở lòng sông và hai vai đập cũng vậy.

2. Xử lý tầng đất phủ.

1. Rãnh ngăn nước. Trước hết sẽ đào tầng phủ cho đến mặt nền đá, sau đó đắp rãnh ngăn nước. Loại xử lý nền này thì công đơn giản, tính chống thấm tốt, nhưng nếu là tầng đá sỏi dày, công trình đào đắp lớn, thì công kéo dài, tháo nước khó, cần nhiều nhân lực, đối với đập đất thì công bị ảnh hưởng.

2. Sân phủ đất sét. Có thể trực tiếp dùng đất sét đắp một sân phủ chống thấm trên tầng đất phủ ở chân đập phía thượng lưu, nhưng đối với tầng cát sỏi ngấm nhiều, sân chỉ đơn thuần làm sân phủ thì không thể giải quyết được hoàn toàn nước thấm qua nền đập.

Trong trường hợp này phía hạ lưu đập phải đào thêm giếng giảm áp và đào đến tầng ngấm nước ở một độ sâu nhất định. Khi giếng đào xong, hút hết nước trong 3 ngày, sau đó bỏ ống lọc nước vào ở trên miệng liền với chỗ tháo nước để nước trong giếng chảy ra làm giảm cột nước thấm của đập.

4. Phụt màng vữa. Trên tầng phủ khoan những lỗ xuống tầng đá rồi phụt vữa xi măng hoặc đất sét tạo thành một màng chống thấm. Thường dùng loại này để xử lý tầng đá sỏi dày.

3. Xử lý các hang động đá vôi

Xử lý nền trong các khu vực các tơ chủ yếu là để phòng thấm nước. Khi tuyến đập chọn vào các nơi có hiện tượng các tơ ít, mạch nước ngấm chảy lên tương đối nhiều, phải dọn sạch nền - đất bùn và đất bồi đến khi nào nhìn thấy nơi dò nước. Nếu gặp mạch nước ngấm chảy ra, phải tìm được nguồn gốc của nó để có tài liệu cụ thể mà lấp chặn.

Khi hồ chứa và tuyến đập ở trong khu vực các tơ, phương pháp ngăn phòng nền dò nước là tận dụng nền đất cũ ở đáy hồ chứa làm nền phủ, có thể không cần dọn nền và xây công trình chống thấm thân đập liền với nền phủ thiên nhiên của đáy hồ là được. Phương pháp này cần lưu ý là không được lấy đất từ dưới cao trình giữ nước trong hồ, để tránh việc làm hỏng tầng phủ thiên nhiên.

4. Xử lý giếng nước

Khi phát hiện nền có giếng nước, không được lấp ngay mà phải xét nguồn gốc của nó và nên dẫn nước đi hay lấp lại. Nếu lượng nước trào lên nhiều hoặc cột nước cao, khó lấp, có thể dùng ống dẫn nước ra ngoài nền. Nếu lưu lượng và cột nước không lớn, có thể dùng vữa xi măng để lấp, phải lấp xong hoàn toàn mới được đổ đất lên chặt. Nếu nước nguồn nhiều, khi lấp bị trôi đi thì có thể xét đến cách xử lý bằng phun vữa hoặc phun vữa với áp lực cao.

Lựa chọn phương pháp xử lý nền theo cách nào phải căn cứ vào tình hình địa chất, điều kiện thi công, lượng nước ngầm và đặc điểm của công trình thuỷ lợi loại nhỏ với điều kiện bảo đảm chất lượng công trình, an toàn cho đập và tiến hành so sánh kinh tế - kĩ thuật mới quyết định.

7.3.3. Thi công đập đất

1. Yêu cầu đối với đất, cát, đá

1. Đất sét. Dùng để đắp đập đồng chất, tường tâm hoặc tường nghiêng của các loại đập hỗn hợp và các công trình chống thấm... Do đó yêu cầu phải:

- a) Đất phải sạch, không lẫn tạp chất hoặc tàn tích của thực vật.
- b) Tính thấm nhỏ, cường độ chịu cắt cao.
- c) Tính dẻo lớn, dễ nén chặt.

2. Đất sỏi đá. Dùng để đắp hai bên tường tâm và sau tường nghiêng của đập hỗn hợp, thường yêu cầu:

- a) Cấp phối sỏi đá phải tốt.
- b) Lượng bùn lẫn ít.
- c) Để tiện cho đầm nén, khi dùng dân công và máy kéo để đầm, đường kính sỏi đá lớn nhất không được quá 20cm; đầm bằng đầm phẳng đường kính hòn đá lớn nhất không quá 25cm.

3. Đá là vật liệu xây dựng các công trình dẫn nước hoặc các công trình ngăn nước và để lát mái đập đất. Yêu cầu chung là:

- a) Rắn, không vết nứt, có khả năng chống phong hoá và chống ăn mòn.
- b) Giữ được ổn định vững chắc khi dòng nước xói chảy hoặc tác dụng của sóng. Đá phải thành tảng nặng không được dưới 40kg.

2. Chuẩn bị vật liệu và quy hoạch bãi vật liệu

1. Nguyên tắc quy hoạch bãi vật liệu.

- a) Bãi vật liệu phía thượng lưu phải tận dụng hết trước khi chặn dòng để tránh bị nước ngập.

b) Cùng trong một thời kì cần bao nhiêu bãi vật liệu thì phải căn cứ vào vật liệu bốc lên xe theo cường độ tính toán, việc vận chuyển vật liệu lên đắp đập.

c) Căn cứ vào vị trí tương ứng giữa bãi vật liệu và các thời kì thi công đập, bãi vật liệu bên trái cung cấp cho đắp đập bên trái, bãi vật liệu bên phải cung cấp cho đắp đập bên phải để giảm khoảng cách vận chuyển, tránh qua sông.

Khi một phía thiếu vật liệu, hoặc hai bên sông đều có vật liệu, nhưng vận chuyển theo một phía mà vừa kinh tế vừa thoả mãn yêu cầu thì cũng có thể chuyển vật liệu qua sông.

d) Cần phải chú ý đến bãi vật liệu dự trữ.

e) Bảo đảm trong thời gian thi công khẩn trương nhất ở cao trình chặn lũ, phải cung cấp đầy đủ vật liệu, chất lượng tốt, vận chuyển gần.

f) Cao trình bãi vật liệu trong thời gian nước lũ bình thường không được ngập. Khi quy hoạch phải chú ý đúng mức đến các bãi vật liệu ở cao trình cao, nước lũ uy hiếp ít, vẫn thi công được. Bãi vật liệu thường lượng ngậm nước ít, dùng để thi công mùa đông rất lợi.

g) Trong mùa khô nên dùng các bãi vật liệu dưới bãi.

h) Nên vạch rõ phạm vi những nơi có tầng đất phủ, các vật liệu xấu, bồi lắng không hợp tiêu chuẩn trong bãi vật liệu.

i) Khi quy hoạch cần phải xét đến những đất đá đào lên hợp yêu cầu về chất lượng có thể dùng đắp đập cho các công trình khác cùng thi công trong thời kì đó (như đường tràn...).

k) Bãi vật liệu đất sét lượng ngậm nước nhiều, phải dùng cách phơi hoặc đánh đông. Khi thi công phải có đủ lượng dự trữ để bảo đảm việc cung cấp.

l) Ở những nơi nhiều mưa, các bãi vật liệu có lượng ngậm nước ít thì giữ lại để dùng cho thời kì mưa.

2. Chuẩn bị vật liệu.

Để có vật liệu phù hợp yêu cầu chất lượng, trước khi khai thác phải có công tác chuẩn bị:

a) Dọn tầng đất phủ: Theo nguyên tắc là các vật liệu xấu đào lên ở tầng đất phủ tận dụng dùng cho các công trình tạm thời, hoặc để san bằng bãi, nếu không tận dụng được thì đổ ra ngoài nhưng không được làm ảnh hưởng giao thông và việc lấy đất sau này.

b) Giảm thấp lượng ngậm nước trong đất. Khi đất dùng cho lượng ngậm nước lớn thì trước hết phải có biện pháp làm giảm lượng ngậm nước, ở bãi vật liệu phải đào rãnh dẫn nước, giảm thấp mực nước ngầm hoặc phơi, đánh đông...

c) Tăng lượng ngậm nước cho đất. Khi dùng đất có lượng ngậm nước thấp quá mà trên mặt đập không dùng cách tưới thêm nước thì nên cho nước trước ở bãi vật liệu có thể dùng phương pháp khoan lỗ đổ nước, hoặc hố ngậm nước...

d) Tháo nước ở khu vực lấy đất. Để tránh nước mưa tích lại tùy theo địa hình sẽ đào các rãnh ngăn nước bên ngoài khu vực lấy đất, đồng thời trong khu vực lấy đất cũng đào những

hệ thống tháo nước bảo đảm mưa xong vẫn lấy được đất không bị ảnh hưởng do mưa bị úng.

3. Dọn móng đập:

Việc dọn kĩ hoặc không kĩ móng đập và hai đầu tiếp giáp bờ trực tiếp ảnh hưởng đến an toàn thân đập. Nếu dọn không kĩ mà xảy ra sự cố, bổ cứu rất khó khăn phức tạp do đó trong khi thi công phải xử lí cẩn thận bảo đảm phù hợp với chất lượng thiết kế.

1. Trước khi đắp đất vào móng đập, phải vét sạch bùn lầy, hết rễ cây, thân cây, dỡ bỏ các công trình, lấp các khe nứt, lỗ chuột, rãnh, mô mả...

2. Khi tiến hành dọn móng, phải dọn sạch bùn, cây ở móng đập, chỗ tiếp xúc hai đầu bờ đập cho phù hợp với yêu cầu thiết kế.

3. Nếu trên móng đập có đá rời hay từng đồng đá sỏi phải dọn đi, nếu xét có thể dùng được các thứ đó thì phải đổ ra địa điểm đã quy định.

4. Nếu phải đào những hố thí nghiệm, khoan lỗ lấy mẫu để tìm hiểu móng đập thì trước khi đắp tầng đất đầu tiên phải dùng đất của móng đó lấp lại.

5. Nếu trong hố móng có nước ngầm thấm ra mặt mà không có mạch chảy ra thì phải đặt các thiết bị để tháo nước.

6. Nếu trong hố móng có mạch chảy ra, phải có biện pháp dẫn nước ra hạ lưu hoặc lấp chặt mạch đó.

7. Nơi nối tiếp giữa dốc núi với hai đầu đập, nếu là đá thì độ dốc không được quá $1/0,75$, nếu là đất sét hoặc hoàng thổ không được dốc quá $1/1,3$. Phải bỏ hết những hòn đá rời riêng và đá đã bị phong hoá, đào từ 2 đến 3 chân khay để nối tiếp, tránh nước ngầm dọc theo dốc núi.

4. Vận chuyển đất đá đã khai thác lên đập

1. Phương pháp khai thác đất thường dùng nhân công để đào, nếu tầng đất tương đối dày có thể dùng phương pháp nổ mìn hoặc dùng cơ giới để nâng cao hiệu suất. Lấy đất ở đồng bằng thường đào thành hố lấy đất, công cụ chuyển đất (xe cút kít, xe goòng... có thể đưa xuống đáy hố, đất xúc thẳng vào xe hoặc làm những giá đỡ đất). Lấy đất ở nơi dốc núi, thường dùng phương pháp đào hầm. Nếu dùng loại xe cút kít có thể trực tiếp vào lấy đất. Nếu dùng loại xe goòng thì phải bố trí chỗ đổ đất vào xe cố định thích hợp với cao trình vận chuyển ở chỗ dốc núi tương đối thấp để nâng cao hiệu suất vận chuyển. Đắp đắp cao dần thì đường vận chuyển cũng phải nâng cao lên tương ứng, giá đỡ đất cũng cần bố trí gần chỗ lấy đất để rút ngắn khoảng cách chuyển đất tới giá đỡ.

2. Phương pháp khai thác vật liệu cát thường dùng nhân công đào thành những hố ở bãi cát, xe đẩy xe kéo có thể trực tiếp xuống đáy hố để chở cát. Nếu dùng loại xe goòng thì làm giá đỡ cố định lấy cát ở hai bên, người chuyển cát lên giá đỡ. Vì trong quá trình bồi lắng các bãi cát thường có xen kẽ những tầng bùn, khi đào cũng phải theo từng tầng.

3. Vận chuyển lên đập khi thi công đập đất. Vận chuyển các vật liệu lên đập là một nhiệm vụ quan trọng và nặng nề. Phương thức vận chuyển đúng hay không có ảnh hưởng trực tiếp đến tiến độ thi công và giá thành công trình. Ở các công trình nhỏ phương thức vận chuyển trên mặt bằng là vận chuyển bằng sức người (xe cút kít, xe bò) bằng đường goòng hoặc bằng ô tô... Đối với vận chuyển trên mái dốc, ngoài việc dùng sức người ra còn dùng dây cáp kéo xe lên, hoặc băng chuyền...

a) Vận chuyển bằng xe cút kít, xe bò. Vận chuyển đường bằng khoảng cách tốt nhất là trong phạm vi 500m nhưng với khoảng cách từ 500 - 1000m dùng nó vẫn kinh tế, khi vận chuyển lên đập có thể đẩy kéo lên, cũng có thể nhờ dây móc xe kéo lên, việc đẩy hoặc kéo thường bị độ cao hạn chế, trong một phạm vi nhất định nhờ dây móc xe kéo lên (phạm vi 25m) năng suất cao và tốt.

b) Vận chuyển bằng sức động vật. Thường dùng để chuyển vật liệu khoảng cách tương đối xa (xa hơn 1500m), cường độ chuyển không lớn (như chuyển đá...), thường độ dốc của đường không lớn hơn $3 \div 4\%$.

c) Vận chuyển bằng người đẩy xe goòng. Trong các công trình nhỏ, dùng người đẩy goòng (bao gồm cả loại xe tự đổ cải tiến) là cách vận chuyển tương đối tốt, khoảng cách vận chuyển tốt nhất trong khoảng 2000m, khi đường vận chuyển nâng cao dần lên, người có thể trực tiếp đẩy xe lên đập.

5. Đắp thân đập:

1. Đổ đất

a) Yêu cầu kỹ thuật thi công đổ đất

Trước khi đắp phải kiểm tra móng đập, phù hợp yêu cầu về chất lượng thiết kế mới được đắp đất. Nếu móng đập là đất sét, trước khi đổ đất phải làm ướt mặt để lượng ngấm nước ở trên mặt gần bằng lượng ngấm nước không chế mới được đổ đất và đầm.

Đổ đất phải theo tuần tự, đổ thật đều và san bằng ngay.

Mặt đất của đập phải bằng hoặc nghiêng về phía thượng lưu, không được gồ ghề, nếu vật liệu có nhiều hòn to (đá, sỏi) thì khi đổ không được đổ ở độ cao $2 \div 3\text{m}$, để tránh những hòn to tách rời ra với nhau. Trước khi đổ đất tầng sau thì tầng đất trước đã đầm nén rồi phải làm ẩm bằng lượng ngấm nước không chế. Sau khi mưa tầng đất bị mưa phải để cho khô bằng lượng ngấm nước không chế hoặc hót bỏ đi đến tầng đất có lượng ngấm nước bằng lượng không chế, lúc đó mới được đổ đất khác.

b) Đắp tường tâm

Khi đắp tường tâm, nên đắp tường tâm và đất 2 bên lên bằng nhau, tránh nổi nhiều đoạn, khi khối lượng đất đắp nhiều thì sẽ dùng đất đắp mặt cắt tạm thời để giữ cho tường tâm lên bằng nhau.

Để đảm bảo độ chặt của đất đập được yêu cầu thiết kế, phía thượng hạ lưu tường tâm phải đổ rộng để sau này còn sửa lại.

c) **Đắp tường nghiêng:**

Thường đắp đập tới một cao trình nhất định mới đắp tường nghiêng, tốt nhất đắp đập tới cao trình thiết kế mới đắp tường nghiêng.

Đắp tầng lọc giữa tường nghiêng và đất đập cần đắp cao hơn mặt đất $1 \div 2\text{m}$.

Để đảm bảo chiều dốc mặt ngoài tường nghiêng đạt tới yêu cầu đầm chặt, đất đắp phải đổ dầy thêm $0,3 \div 0,5\text{m}$ để sau còn sửa độ dốc mái.

d) **Đắp đập đất đồng chất.**

Muốn cho tất cả các mặt cắt thiết kế đạt được yêu cầu độ chặt, mái đập thượng hạ lưu đều phải đắp thêm khoảng $0,2 \div 0,5\text{m}$ để sau còn sửa mái.

Tốt nhất đắp thân đập và làm bảo vệ mái thượng lưu cùng lên cao như nhau.

2. Đổ đất sỏi đá

a) **Yêu cầu kĩ thuật thi công của đổ đất sỏi đá**

Không được vận chuyển sỏi đá qua khu vực làm tường tâm và tường nghiêng, nếu phải chuyển qua phải có biện pháp xử lí, để phòng sỏi đá rơi xuống. Đất sét chuyển qua khu vực đổ đất sỏi đá tùy từng chỗ để định, nếu ở bên dưới đường thấm thì phải tránh đất sét rơi thành từng tảng hoặc từng chỗ.

Đổ tuần tự, tốt nhất đổ từ trong ra ngoài, san cho đều và bằng.

b) **Phương pháp đổ.** Phương pháp đổ tùy theo cường độ thi công và công cụ vận chuyển. Nói chung các công trình nhỏ công cụ vận chuyển vật liệu lên đập thường là xe cải tiến, kéo đổ ngay lên đập, nên có người chuyên để san đất. Nếu đổ tầng đất tương đối dầy (quyết định theo khả năng của máy đầm) tránh cho đá tập trung ở phía dưới và yêu cầu mở rộng diện đổ thì có thể đổ thành hai lần.

6. Đầm thân đập:

Trước khi đầm thân đập, phải đầm thí nghiệm để biết được mỗi một loại đất dùng công cụ đầm nào tốt nhất, tầng đất đổ dày bao nhiêu, số lượt đầm, lượng ngậm nước cần khống chế để nắm được chất lượng khi thi công.

Khống chế lượng ngậm nước tốt nhất là một khâu quan trọng để đảm bảo chất lượng đầm nén. Thường có kinh nghiệm là đất sét lượng ngậm nước tốt nhất gần đến giới hạn dẻo, cát đá bằng $0,75$ lần của giới hạn chảy.

Bảng 7.2 là lượng ngậm nước tốt nhất của các loại đất dùng để tham khảo.

Bảng 7.2. Lượng ngậm nước tốt nhất của các loại đất

Các loại đất	Phạm vi lượng ngậm nước tốt nhất (%)
Đất cát	7 - 11
Đất cát nhẹ	10 - 16
Đất pha cát	9 - 14
Đất pha bùn sét	16 - 22
Đất pha sét	13 - 19
Đất sét và đất sét bùn	18 - 24

Công cụ đầm có đầm tay và đầm quả lu, đầm chân dê, máy kéo đầm cơ giới phối hợp. Công cụ khác nhau thì phương pháp đầm cũng khác nhau.

1. Đầm bằng tay

Dùng đầm tay để đầm đất là một phương pháp đầm thường dùng nhiều nhất ở các công trình nhỏ. Đặc biệt những chỗ nối tiếp hai đầu đập với bờ sông. Thường đầm bằng gỗ, bằng đá, đầm để sát thích hợp đầm cho đất cát, đất cát nhẹ, còn đầm để sát nhỏ thường dùng đầm đất sét là tốt nhất.

Phương hướng đầm là đầm liên theo vẩy cá lồng nhau, đầm nọ đè lên 1/3 đầm kia, hàng nọ đè 1/3 hàng kia, từ ngoài vào trong, ngang dọc đầm xen nhau.

Cách đầm: một tổ là ba hoặc bốn vòng đầm, đầm từ đầu vào, đầm nọ theo đầm kia đầm thật chặt, đầm liên nhau, hàng nọ đè lên 1/3 hàng kia. Tốt nhất đầm qua một lượt, sau đó đầm cho đủ số lượt.

2. Đầm bằng quả lu

Đầm quả lu có loại tự động (như tàu lu làm đường) có loại kéo (như đá, xi măng, sắt)

Khi dùng quả lu đầm đất, tránh hiện tượng gợn đất phía trước quả lu tốt nhất là trước tiên dùng loại máy nhỏ (máy kéo dây xích, máy đầm nhỏ) đầm trước như vậy có thể giảm tổng số lượt đầm. Khi đầm đất sét tốt nhất nên dùng một con lăn loại nặng và 2 con lăn loại nhẹ, loại đầm bằng con lăn (quả lu) hiệu quả tốt nhất là đầm sỏi đá. Phương pháp đầm này theo cách tiến lùi xen nhau. Lượt đầu tiên và hai lượt cuối cùng tốc độ chạy nên giảm (tốc độ quả lu không nên vượt quá $2,0 \div 2,5$ km/h). Những lượt ở giữa có thể chạy tốc độ nhanh hơn (tốc độ cũng không vượt quá $8 \div 10$ km/h).

3. Đầm bằng đầm chân dê

Dùng đầm chân dê để đầm đất sét thì chất lượng đầm tương đối tốt và đều. Căn cứ vào thí nghiệm và kinh nghiệm đã đầm thì áp suất tốt nhất trên mặt đế chân dê căn cứ vào chất đất khác nhau là:

Đối với loại đất nhẹ và một phần đất vừa là $7 \div 15$ kg/cm².

Đối với loại đất vừa, một phần đất nặng $15 \div 40$ kg/cm².

Đối với loại đất nặng, đất sét là $30 \div 60$ kg/cm².

Phương pháp đầm có hai cách, một cách đầm theo vòng một cách đầm theo tiến lùi xen nhau. Khi đầm đất sét giữa hiệu suất và năng lực bộ phận gạt đất có liên quan với nhau, đất bị nhét vào giữa các chân dê phải luôn luôn cày bỏ.

4. Đầm bằng máy kéo bánh xích.

Máy kéo đầm, thường dùng khi đầm đất sét để đầm sơ qua, hoặc những công trình yêu cầu dung trọng thấp, nó là đầm chính để đầm đất cát sỏi.

Phương pháp đầm theo cách tiến lùi xen nhau, với cát sỏi đá (đường kính lớn nhất không được quá 20cm), nên luôn phun nước thì hiệu suất đầm sẽ cao.

5. Đầm cơ giới phối hợp

Loại hoàng thổ pha đất sét, dùng đầm chân dê hiệu quả tương đối kém (vì trên mặt tầng đất có một phần lớn đất chưa được đầm) nên có thể dùng phương pháp phối hợp, tức là trước tiên dùng đầm chân dê đầm, sau dùng đầm quả lu.

7. Thi công đập đất về mùa đông

Ưu điểm của thi công mùa đông có những điểm sau:

- Có thể kéo dài thời gian thi công, đẩy mạnh tốc độ xây dựng.
- Xây dựng công trình thuỷ lợi trong lúc nông nghiệp tương đối rỗi, có thể giải quyết được mâu thuẫn giữa việc xây dựng công trình sản xuất nông nghiệp có tính thời vụ.
- Mùa đông mực nước ngầm thấp, nên việc đào mương, giếng, đào các phần dưới nước và xử lý nền móng... tương đối thuận lợi.

Mùa đông công việc nông nghiệp rỗi rãi, có thể sử dụng các máy nông nghiệp vào việc xây dựng công trình thuỷ lợi.

8. Thi công mùa mưa

Ở các khu vực nhiều mưa phải bảo đảm thi công bình thường, đẩy mạnh tiến độ thi công.

1. Cung cấp đất:

- Những bãi vật liệu ở sườn núi, địa thế cao, lượng ngậm nước ít để dành dùng cho khi mưa.
- Khi cần thiết phải dự trữ trước đất sét có lượng ngậm nước ít, để dùng cho đầy đủ.

2. Đắp đất:

- Trời tạnh, nắng nên tranh thủ đắp đất sét, trời mưa hoặc mưa xong đắp đất cát.
- Phải làm tốt việc tháo nước ở mặt đập.
- Những tầng đất trên mặt đập chưa đầm, trước khi mưa phải tranh thủ đầm, những tầng đất đá dùng đầm chân dê đầm, trước khi mưa phải dùng quả lu đầm phẳng.
- Sau khi mưa những chỗ lượng ngậm nước nhiều phải xới lên, phơi hoặc hót bỏ đi.
- Tốt nhất trên mặt đập phải chuẩn bị các dụng cụ che mưa (như vải bạt...).

7.3.4. Thi công đập đá đỏ

1. Yêu cầu về đá

- Đá phải rắn chắc;
- Chất lượng đá, phải qua thí nghiệm để xác định dung trọng, lượng ngậm nước, cường độ chịu nén;
- Những đá có pha lẫn khoáng chất sắt màu vàng thì phải bỏ;
- Nên tránh dùng đá có dạng hình cầu hoặc hình lỗ;
- Đá phải dùng theo một cấp phối;

- Đá dùng để lát phải lát thành tầng.

2. Yêu cầu chung về việc thi công đá đổ

- Khi thi công phải xét đến khi đập lún.
- Độ rỗng của đập đá đổ không được vượt những quy định dưới đây:
Đập cao dưới 15m độ rỗng từ $35 \div 40\%$.
Đập cao trên 15m độ rỗng từ $30 \div 35\%$.
- Tầng đá ở móng đập nên dùng đá to và sắp xếp cẩn thận, chèn chặt.
- Trong khi thi công nên cố gắng dùng đá lớn, đổ ở các bộ phận quanh mái dốc, còn đá nhỏ xếp ở các bộ phận giữa.
- Chỗ nối tiếp giữa đá đổ và các công trình bằng bê tông, thì dọc theo chỗ nối tiếp xếp tầng đá xây khan khoảng dày độ $1,5 \div 2,0\text{m}$.
- Những đá quá nhỏ và đá vỡ vụn không được đổ vào trong thân đập.
- Độ rỗng đá xây khan dưới tầng nghiêng chống thấm không được lớn hơn $20 \div 25\%$.
- Khi dùng nước để đầm chặt đá đổ, thì áp lực nước ở miệng vòi phun thường từ $4 \div 7$ atmophe, một mét khối đá đổ dùng từ $2 \div 3\text{m}^3$ nước.

3. Yêu cầu đối với các vật liệu chống thấm

- Chất lượng giấy tẩm sơn và vật liệu dán đều phải thoả mãn yêu cầu ngăn nước của công trình thuỷ công đề ra.
- Mác bê tông dùng cho các tường nghiêng chống thấm bằng bê tông cốt thép hoặc bê tông không được thấp hơn 150[#] và phải thoả mãn yêu cầu kỹ thuật bê tông của thuỷ công.
- Đất làm tường nghiêng hoặc tường tâm phải thoả mãn yêu cầu quy phạm về thiết kế đập đất.

4. Khai thác đá

1. Yêu cầu cơ bản với loại vật liệu đá

- Trữ lượng của bãi vật liệu phải bảo đảm cung cấp phù hợp với yêu cầu chất lượng.
- Bãi khai thác đá phải có tầng đá dày và rộng.
- Khối lượng công tác chuẩn bị và bóc lớp đất cho bãi đá phải ít.
- Gần bãi khai thác phải có chỗ để đổ những đá hỏng và có điều kiện tháo nước trên mặt đất.
- Bãi khai thác đá phải có nơi chọn đá và diện tích khai thác phải thích hợp với việc cung cấp đá.
- Bãi khai thác đá phải ngoài phạm vi ảnh hưởng nổ mìn đối với đập, đồng thời phải tiện lợi cho việc cung cấp và vận chuyển.

2. Phương pháp khai thác đá.

a) Phương pháp khai thác khuất bên sườn núi.

Đá ở sườn núi, dốc nhiều, mặt khai thác cao hơn mặt đất, có thể đặt đường vận chuyển phía dưới chỗ khuất tiến dần theo phía bên sườn núi gọi là phương pháp khai thác khuất bên sườn núi. Thường khai thác bằng nổ mìn.

b) Phương pháp khai thác chia tầng

Ở điều kiện địa hình các đồi, nếu cao trình đã khai thác tốt, cách cao trình địa hình bên cạnh không cao lắm, có thể khai thác bằng cách chia tầng. Phương thức này thường làm theo kiểu dây chuyền. Để đảm bảo an toàn và giảm sự vướng vấp nhau trong thi công, khoảng cách giữa mặt công tác của tầng trên và dưới vào khoảng $15 \div 30\text{m}$, thường dùng nổ mìn lỗ rộng hoặc lỗ sâu.

c) Phương pháp phá dốc

Ở những khe núi hẹp thường khai thác theo phương pháp phá dốc. Đường vận chuyển của phương pháp này thường đặt cố định ở nơi tương đối thấp và dùng phương pháp nổ mìn lỗ sâu, hoặc nổ hầm.

5. Vận chuyển đá

Trong thi công đập đá đổ vận chuyển là một khâu quan trọng, lựa chọn chính xác phương thức và tổ chức vận chuyển hợp lý không những nâng cao tiến độ thi công mà còn giảm được giá thành công trình. Nói chung phương thức vận chuyển đá thường có mấy loại sau đây:

1. Vận chuyển bằng nhân công

Là phương thức vận chuyển trực tiếp có độ dốc không lớn lắm và khoảng cách ngắn, dùng người để vận chuyển khoảng cách thích hợp nhất là dưới 200m, độ trèo dốc lên đập không cao quá 10m. Dùng người vận chuyển rất tốn sức và nặng nề, hiện nay các công trường dùng xe để thay thế.

2. Vận chuyển bằng súc vật

Dùng súc vật vận chuyển đá giảm bớt được sức người. Ở những nơi không có cơ giới vận chuyển thì vận chuyển bằng súc vật có ý nghĩa rất thiết thực. Xe ngựa nên bố trí đổ tự động để giảm được nhân công đổ đá, nâng cao hiệu suất vận chuyển. Khoảng cách và độ dốc đường vận chuyển cũng giống như vận chuyển đất.

3. Vận chuyển bằng đường goòng

Vận chuyển cách này tức là dùng sức người đẩy xe goòng, máy kéo (bánh cao su) và dùng súc vật kéo xe goòng. Độ dốc của đường tốt nhất là từ $0,5\% \div 1,5\%$. Với những tuyến đường lên xuống dốc nhiều, lên dốc không quá 1%, dốc không dài quá 100m. Nên kết hợp dùng phương pháp nửa cơ giới và cơ giới vận chuyển để nâng cao hiệu suất và tiết kiệm nhân lực.

4. Vận chuyển bằng máy kéo bánh lốp hoặc ô tô tự đổ.

Dùng loại vận chuyển này linh hoạt, có lợi, nó thích hợp với các địa hình phức tạp nhưng giá thành đắt. Khoảng cách vận chuyển bằng xe ô tô trong khoảng 2000m, độ dốc xe chở nặng khi lên không được lớn hơn $8 \div 10\%$, bán kính vòng không được dưới 20m.

6. Thi công đập đá đổ

1. Bố trí tuyến đường vận chuyển và phương pháp thi công đập.

a) Bố trí tuyến đường và phương pháp thi công có đường ray để vận chuyển.

Phương pháp tiến dẫn. Tuyến đường bố trí thành hình vòng, dùng để đổ phần dưới thân đập, khi đổ sẽ từ hai bên bờ.

Phương pháp dùng cầu. Khi lòng sông rộng, nếu chỉ từ hai bên bờ đổ vào thì không đạt được theo tiến độ thi công, thường phải làm cầu. Cầu sẽ nâng cao dần theo chiều cao của đập. Khi thi công trước tiên từ trên cầu đổ đá xuống, khi đá đã bằng mặt cầu mới dùng mặt đá làm tuyến đường đi đổ rộng sang hai bên để đạt mặt cắt thiết kế.

Phương pháp làm đường đổ. Khi chia thành từng tầng đổ mà chiều cao mỗi tầng không lớn thì có thể dùng mặt đá hoặc đá lát làm thành đường đi để đổ đá.

b) Bố trí tuyến đường vận chuyển phương pháp thi công không có đường ray.

Thường dùng phương pháp đổ dần. Dùng ô tô hoặc máy kéo tự đổ để vận chuyển đá, như vậy sẽ đạt được khả năng đổ lớn nhất và tránh được đá vỡ (đá sẽ theo chiều dốc lăn xuống).

Do việc dùng ô tô, máy kéo, sức người hoặc sức vật vận chuyển, thường những tầng đá đổ xong mặt đá đã làm bằng (do yêu cầu làm đường vận chuyển). Nhưng để cho việc tiếp giáp giữa tầng trên và dưới được tốt thì trước khi đổ, tầng dưới phải làm gồ ghề.

2. Biện pháp kỹ thuật để đầm chặt đập

- Dùng nhân công xếp bằng. Khi đổ đá xong dùng xà beng bấn những hòn đá lớn cho nằm ổn định và nhét những đá nhỏ vào giữa các khe để giảm độ rỗng.

- Dùng sức của vòi nước áp lực bấn viên đá nhỏ vào các khoảng trống để đóng đá thành chặt. Hướng phun nước thẳng góc với mặt dốc.

3. Chiều cao của từng tầng đổ đá. Dựa theo phương pháp đổ và độ bền của đá để xác định.

- Ở trên cầu đổ đá xuống sẽ căn cứ vào đặc tính của đá và trình độ an toàn thi công. Nhưng khi chiều cao đổ quá thấp sẽ làm tăng thêm cầu và đường vận chuyển không những phí tổn tăng lên, thời gian thi công dài, có thể một số lòng sông hẹp lợi dụng việc làm cầu không được. Chiều cao đổ thường từ $5 \div 15\text{m}$.

- Vận chuyển bằng ô tô: dùng ô tô tự đổ thường là chỉ đổ một đầu, đá sẽ theo mặt dốc lăn xuống, đá vỡ so với rơi tự do ít, cho nên chiều cao tầng đổ có xu hướng tăng lên, thường cao hơn 30m. Nếu chia tầng đổ cao, thì khi đổ chân dốc phía thượng hạ lưu nên tăng thêm số tầng và số ô đổ để tăng độ chặt của thân đập.

- Quan hệ việc thi công với tầng chắn nước. Đối với tường nghiêng hoặc tường tâm của đập đá đổ, khi thi công phải xét đến việc vướng nhau giữa đá đổ với vận chuyển vật liệu, đi lại của xe cơ giới. Phải qua nghiên cứu bố trí toàn diện mới có thể tìm ra chiều cao từng tầng đổ hợp lý.

4. Yêu cầu khống chế chất lượng. Phải căn cứ vào điều kiện công tác của từng đập đá đổ, đặc điểm kết cấu bản thân, từng khu vực khác nhau của đập mà đề ra từng yêu cầu khống chế chất lượng.

- Đập đá đổ có tường nghiêng bằng đất sét. Do việc lún của thân đập ảnh hưởng rất rõ với tường nghiêng, đối với loại đập này, phải chia thành từng khu vực để dùng đá, thường đá lớn đổ phía mặt hạ lưu, đá loại vừa đổ ở phần giữa, còn những đá nhỏ đổ phần thượng lưu phía sau tường nghiêng.

- Đập đá đổ có tường nghiêng bằng vật liệu rắn. Tường nghiêng bằng vật liệu rắn không thích ứng được với việc biến hình của đập đá đổ không được phép lún quá nhiều, việc đổ đá chỗ tường nghiêng (hoặc xếp đá) yêu cầu rất cao, tốt nhất dùng đá to xếp để đổ mặt tường nghiêng.

Bảng 7.3. Vữa dùng cho xây móng ở dưới mực nước ngầm

Mức vữa	Mức xi măng (*)	Tỉ lệ trộn theo thể tích		Xi măng (kg) (hao hụt 1,4%)		Cát (m ³) (hao hụt 5%)		Nước (m ³)
		Xi măng	Cát	Theo tính toán	Nên dùng	Theo tính toán	Nên dùng	
100	400	1	3,5	340	345	1,01	1,06	0,178
	300	1	2,5	475	482	0,98	1,03	0,21
50	400	1	5,	240	243	1,	1,05	0,167
	300	1	5,	240	243	1,01	1,06	0,15
	250	1	4,	300	304	1,01	1,06	0,166
	201	1	3,5	350	355	1,01	1,06	0,178
25	200	1	6,	200	203	1,01	1,06	0,139

* Mức xi măng tính theo cách cũ.

Bảng 7.4. Vữa dùng cho xây móng và tường nằm dưới đất hoặc những nơi có độ ẩm thường xuyên < 60%

Mức vữa	Mức xi măng	Tỉ lệ trộn theo thể tích			Xi măng (hao hụt 1,4%)		Vôi (m ³) (hao hụt 2%)		Cát (m ³) (hao hụt 5%)		Nước (m ³)
		Xi măng	Vôi	Cát	Theo tính toán	Nên dùng	Theo tính toán	Nên dùng	Theo tính toán	Nên dùng	
100	400	1	0,2	3,5	340	345	0,052	0,059	1,01	1,06	0,310
	300	1	0,1	2,5	475	482	0,039	0,040	0,97	1,02	0,275

Mức vữa	Mức xi măng	Tỉ lệ trộn theo thể tích			Xi măng (hao hụt 1,4%)		Vôi (m ³) (hao hụt 2%)		Cát (m ³) (hao hụt 5%)		Nước (m ³)
		Xi măng	Vôi	Cát	Theo tính toán	Nên dùng	Theo tính toán	Nên dùng	Theo tính toán	Nên dùng	
50	400	1	0,7	6,5	185	188	0,109	0,111	1,01	1,06	0,410
	300	1	0,4	5,	240	243	0,081	0,083	1,01	1,06	0,355
	250	1	0,3	4,	300	304	0,076	0,078	1,01	1,06	0,345
	200	1	0,2	3,5	350	355	0,058	0,059	1,01	1,06	0,310
25	400	1	1,9	13,5	90	91	0,142	0,145	1,01	1,06	0,47
	300	1	1,3	11,0	120	122	0,131	0,134	1,01	1,06	0,45
	250	1	0,9	8,	150	152	0,114	0,116	1,01	1,06	0,42
	200	1	0,7	6,5	185	188	0,109	0,111	1,01	1,06	0,41
10	200	1	2,6	1,6	75	76	0,126	0,126	1,01	1,06	0,44

- Đập đá đổ có tường tâm bằng đất sét.

Đập lún đối với tường tâm thể hiện không rõ ràng, nhưng chuyển vị ngang của đập thì ảnh hưởng rõ. Cho nên ngoài việc làm thoải mặt dốc phía thượng hạ lưu để tăng áp trong thân đập, yêu cầu khi thi công phía thượng hạ lưu phải không chế chặt chẽ chất lượng đổ đá, giảm độ rỗng, lựa chọn cấp phối đá đạt được góc ma sát lớn.

7.3.5. Công trình bằng gạch đá

Các công trình thủy công và nhà máy của các trạm thủy điện nhỏ thường dùng kết cấu gạch đá. Giá thành không những rẻ do dùng vật liệu tại chỗ mà thi công lại không phức tạp, chỉ cần hướng dẫn trong thời gian ngắn là có thể thi công được.

1. Vữa

Vữa để xây trát, gạch đá thường dùng, vữa xi măng cát, vữa cát xi măng vôi, vữa cát xi măng đất sét, vữa cát vôi... Dùng loại vữa nào sẽ căn cứ vào cường độ, tính chất của công trình, tỉ lệ hỗn hợp theo bảng 7.3 và 7.4.

2. Xây gạch

- Số hiệu của gạch căn cứ vào cường độ của gạch, chia loại 50[#], 75[#], 100[#], 150[#]... Hiện nay làm gạch bằng thủ công chất lượng đạt 50[#], gạch làm bằng máy đạt 75[#] - 100[#].

- Yêu cầu chất lượng gạch.

+ Dáng gạch: Kích thước bằng nhau, sáu mặt đều bằng phẳng, góc vuông, màu sắc đều, không lỗi lõm, không có vết nứt..., gõ kêu thanh.

+ Tính hút nước: Tỉ số hút nước không được vượt quá 12% trọng lượng gạch.

3. Phương pháp xây gạch

Trước khi xây phải ngâm gạch trong nước sạch cho bão hoà, xây theo cách trát vữa miết mạch, chất lượng tương đối tốt, hiệu suất cao. Trong công trình thủy công vì phải chịu áp

lực nước nên thường dùng cách xây cầu, khe dọc của hai tầng cạnh nhau phải lệch nhau, hòn nọ chồng lên hòn kia phải lớn hơn 1/4 viên, xây phần bảo vệ mái phải dùng cách xây gạch cầu (gạch thẳng góc với mặt ngoài), hai đầu mái dùng cách xây cuốn.

4. Xây đá

1. Các loại xây

- Xây khan: dùng để bảo vệ mái đập, bảo vệ đáy.
- Đá xây vữa: dùng để bảo vệ mái đập, đáy tường trụ, móng.
- Xây vữa đá dài: dùng xây trụ, tường, có một số trụ, tường bên ngoài dùng đá dài, phía trong dùng đá hỗn hợp hoặc đá hỗn hợp.
- Xây vữa đá hỗn hợp (phiến đá) dùng để bảo vệ mái dốc hoặc đáy.

Xây loại nào căn cứ tình hình cụ thể và chú ý vấn đề kinh tế để quyết định.

2. Phương pháp xây đá - Thường dùng phương pháp đổ vữa xếp đá trát bằng, đầu tiên đổ 1 tầng vữa sau đó để đá lên trên, gõ khê xong miết cho vữa vào khe đá, sau đó đổ vữa vào, rồi lại đổ vữa tiếp tục xây.

Đập đá và sửa đá đều không được làm ở ngay chỗ xây, để tránh rung động làm ảnh hưởng chất lượng đá xây. Nếu cần thiết sẽ tiến hành làm mạch chỗ đá xây.

7.3.6. Công trình bê tông cốt thép và bê tông

Bê tông là một hỗn hợp theo tỉ lệ giữa xi măng, cát, đá dăm (đá cuội) với một lượng nước nhất định, do tác dụng thủy hoá đông kết mà thành. Đặc tính của nó là chịu nén cao, chịu kéo kém. Bộ phận kết cấu nào chịu kéo (chịu nén cũng có cốt thép) thì cho thêm cốt thép, để thành cấu kiện bê tông cốt thép rất kiên cố vừa chịu nén, vừa chịu kéo. Nó dùng rất rộng rãi. Chủ yếu dùng làm dầm, trụ, móng, cống ngầm...

1. Nguyên liệu của bê tông

- Xi măng thường dùng mấy loại sau:
 - Xi măng poóc-lăng để làm loại bê tông chịu nước dùng cho các công trình trên và dưới mặt đất, nhưng không thích hợp với công trình ở nước biển, các công trình vệ sinh và các công trình trong nước có muối sunfat, có tác dụng xâm thực.
 - Xi măng xỉ quặng, chịu lửa tốt, nhưng thời gian đông kết và cường độ trong thời gian đầu chậm, thì công phải tăng cường dưỡng hộ, nhưng lượng toả nhiệt ít, nên có thể làm các khối bê tông lớn.
 - Xi măng puzolan: chống được nước xâm thực thường dùng cho các công trình thủy lợi. Khuyết điểm của nó khi nhiệt độ thấp đông kết chậm, trong hoàn cảnh khô lạnh lại co rút rất nhiều, dễ bị nứt.
 - Cát: Có 3 loại cát: nhỏ, vừa và to, đường kính hạt bình quân của các loại không được nhỏ hơn 0,25; 0,35 và 0,5mm tốt nhất là cát thạch anh lẫn tạp chất ít, độ to nhỏ của cát tốt

nhất là nửa nọ nửa kia, hạt to nhiều tiết kiệm xi măng. Thường độ rỗng của cát không được quá 40%. Cát dùng cho loại bê tông số hiệu 100[#] trở lên, đường kính bình quân của hạt cát phải lớn hơn 0,25mm, trọng lượng đơn vị không nhỏ hơn 1600kg/m³ (ở độ ẩm 4 ÷ 6%).

Cát dùng cho bê tông dưới 100[#], đường kính bình quân hạt cát không nhỏ hơn 0,2mm. Trọng lượng đơn vị không nhỏ hơn 1450kg/m³ trong cát hàm lượng hạt bùn không được vượt quá 5%.

- Đá dăm (đá cuội). Tốt nhất loại đá rắn bền lâu, kết cấu đá mịn chặt, có nhiều góc cạnh không dùng đá dẹt. Nếu dùng số lượng nhiều để đổ bê tông phải tiến hành thí nghiệm về cấp phối.

- Cốt thép: Cốt thép thường dùng có ba loại tròn, có từng đốt và loại thép gai. Đường kính thép tròn từ 6 ÷ 40mm, loại thép có đốt và thép gai trên mặt nó cách nhau từng khoảng có những đốt và gai lồi lên, đặc điểm của nó là làm tăng lực dính với bê tông, giới hạn chảy cũng cao, đường kính từ 9 ÷ 12mm.

- Nước: Thường dùng nước ăn để trộn bê tông. Không dùng nước có lẫn tạp chất như dầu, axit, kiềm muối... đều ảnh hưởng đến cường độ của bê tông.

Cường độ bê tông là cường độ của một khối bê tông 20 ÷ 20 ÷ 20cm sau khi dưỡng hộ 28 ngày cho thí nghiệm chịu nén (kg/cm²). Bê tông dùng cho các công trình của trạm thủy điện nhỏ thường căn cứ yêu cầu của từng bộ phận mà dùng số hiệu 75[#], 100[#], 150[#], 200[#], bê tông cốt thép thì số hiệu của bê tông không được dưới 100[#]. Vật liệu làm bê tông cốt thép xem bảng 7.5. Việc trộn, đầm, dưỡng hộ bê tông tốt hay xấu có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng kết cấu của bê tông. Khi trộn bê tông phải theo đúng tỉ lệ cấp phối của thiết kế. Trong quá trình thi công phải luôn kiểm tra lượng ngậm nước trong cát đá không được vượt quá tỉ lệ nước đã quy định. Có thể dùng nhân công hoặc máy để trộn bê tông và đầm bê tông. Khi bảo dưỡng bê tông phải bảo đảm cho mặt bê tông thường xuyên ẩm, để tránh bị nứt vì khô. Thời gian dưỡng hộ như bảng 7.6.

Bảng 7.5. Bảng tham khảo các vật liệu dùng trong 1m³ bê tông

Vật liệu	Đơn vị	Mác bê tông			
		75	100	150	200
Xi măng	kg	174	182	229,3	287,8
Cát	m ³	0,486	0,484	0,446	0,421
Đá cuội hoặc đá dăm	m ³	0,879	0,876	0,885	0,876
Nước	kg	155	155	155	155

Ghi chú: Đường kính đá 0,5 ÷ 0,32cm làm bê tông xi măng thêm 50%.

Bảng 7.6. Thời gian ít nhất để dưỡng hộ bê tông

Xi măng dùng loại	Nơi mùa hè tương đối nóng (nhiệt độ từ 30°C trở lên)	Khí hậu ôn hoà (nhiệt độ từ 10°C trở lên)
Xi măng phổ thông	14 ngày	10 ngày
Hỗn hợp khác loại xi măng pu-zơ-lan	21 ngày	14 ngày

Dưỡng hộ bê tông bằng phun nước, trên mặt bê tông phải đắp bao tải hoặc chiếu cói để tránh phơi nắng. Bê tông đạt đến một cường độ nhất định nào đó có thể bỏ cốp pha.

Thời gian tháo dỡ cốp pha chịu trọng lượng phải căn cứ vào tầm quan trọng của từng bộ phận và tỉ lệ phần trăm mức đạt được của cường độ thiết kế mà định.

Cốp pha đổ sàn và vòm chiều rộng dưới 2,5m thì cường độ phải đạt trên 50%, những sàn và dầm chiều rộng dưới 8m thì cường độ phải đạt trên 70% cường độ của bê tông, xem bảng 7.7.

**Bảng 7.7. Tỉ lệ phần trăm phát triển cường độ bê tông
với thời gian dưỡng hộ và nhiệt độ khác nhau**

Loại xi măng	Thời gian dưỡng hộ (ngày)	Nhiệt độ dưỡng hộ (độ C)					
		10°	15°	20°	25°	30°	35°
Xi măng poóc lăng	3	25	33	39	45	50	55
	7	48	60	68	75	80	85
	15	70	82	90	95	97	100
	28	90	100	105	110	-	-
Xi măng xỉ quặng và xi măng pu-zơ-lan	3	13	21	25	32	42	50
	7	30	42	46	54	67	80
	15	55	70	78	85	92	100
	28	80	100	105	110	-	-

7.4. KẾ HOẠCH TIẾN ĐỘ THI CÔNG VÀ BỐ TRÍ MẶT BẰNG

7.4.1. Kế hoạch tiến độ thi công

Nhiệm vụ và kế hoạch tiến độ là quy định thời gian khởi công, hoàn thành và trình tự thi công từng hạng mục công trình của các công trình xây dựng (bao gồm công trình chuẩn bị, công trình chính và công trình kết thúc). Vì vậy nó là một tài liệu tổng hợp trong tổ chức thi công và là một bộ phận quan trọng của kế hoạch tổ chức thi công. Tiến độ thi công quyết định quy mô thi công toàn bộ công trình. Số lượng nhân lực, vật tư, và thiết bị máy móc trên

công trường đều căn cứ vào quy mô này mà quyết định. Bố trí kế hoạch tiến độ tốt; chẳng những đảm bảo hoàn thành công trình đúng thời hạn, loại trừ được các hiện tượng rối loạn trong thi công, tiến độ đều đặn có thể giảm bớt được vật tư lao động, hạ giá thành công trình. Nếu sắp xếp tiến độ không khéo, sẽ làm xuất hiện những "cao điểm" trong thi công làm cho việc lập kế hoạch cung ứng vật tư sẽ căng thẳng không cần thiết.

1. Nguyên tắc để lập tổng tiến độ thi công

- Triệt để tôn trọng các quy định về thời gian thi công và thời gian phát điện.
- Nghiên cứu điều kiện thi công công trình đầu mối thuỷ lợi một cách toàn diện, chọn ra phương pháp thi công hợp lí, đẩy mạnh việc áp dụng kinh nghiệm tiên tiến và kĩ thuật mới.
- Chọn được phương pháp dẫn dòng thích hợp, bảo đảm hồ trữ nước đúng thời gian quy định.
- Phân rõ các công trình chủ yếu và thứ yếu: nắm chắc các công trình chính.
- Dùng phương pháp thi công dây chuyền song song tranh thủ thi công liên tục trong toàn năm, đảm bảo sản xuất đều đặn và cân đối.

2. Cân đối nhân lực

Căn cứ vào tiến độ mà tiến hành điều chỉnh số nhân lực cần thiết của toàn bộ công trình (hình 7.9). Biểu đồ nhân lực trong hình 7.9a xuất hiện những "cao điểm" và thời gian nghỉ cách quãng là một điều không hợp lí, phải điều chỉnh thời gian thi công các công trình thứ yếu cho cân đối. Biểu đồ nhân lực trong hình (7.9b) tương đối thích hợp vì nhân lực tăng dần, đến lúc nhiều nhất thì thời gian kéo rất dài, rồi dần dần giảm xuống.

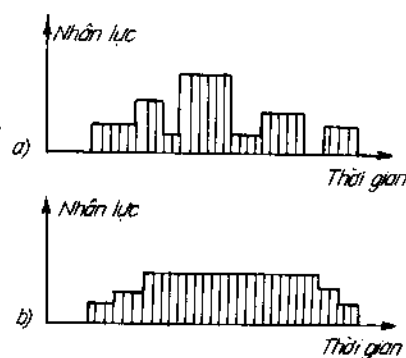
3. Bảng tổng hợp khối lượng và thiết bị vật tư chủ yếu

Để thể hiện được quy mô của trạm thuỷ điện (bao gồm cả khối lượng công trình lâu dài và công trình tạm) cần đề ra được vốn đầu tư của toàn bộ công trình và lập được các bảng sau đây:

- Bảng tổng hợp khối lượng của các công trình chính và công trình phụ.
- Bảng tổng hợp các hạng mục công trình và từng kết cấu công trình của hệ thống quản lí thi công.
- Bảng tổng hợp các vật liệu xây dựng chủ yếu.

- Bảng tổng hợp các công cụ vận chuyển và thiết bị máy móc chủ yếu.

4. Tổng kế hoạch tiến độ thi công có thể biểu thị như bảng 7.9.



Hình 7.9: Điều chỉnh nhân lực

Bảng 7.9. Tổng kế hoạch tiến độ thi công công trình

Số hiệu	Hạng mục công trình	Đơn vị	Khối lượng công trình	Số lao động cần thiết (công nhật)		Năm												Năm											
				Số lượng cần thiết của đơn vị	Tổng số	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Công trình chuẩn bị và công trình phụ																												
	Công trình chủ yếu																												
	Đường biểu diễn lượng lao động cần thiết (số lượng cần thiết hàng ngày)																												

7.4.2. Bố trí mặt bằng thi công

Nhiệm vụ của bố trí mặt bằng thi công là giải quyết vấn đề tổ chức không gian ở công trường, bố trí hiện trường thi công. Nếu khéo bố trí các công trình tạm thời và công trình phục vụ thi công có thể tránh được sự chồng chéo trong thi công, bảo đảm hoàn thành nhiệm vụ đúng thời hạn. Vì vậy trước khi thi công chúng ta phải tiến hành khảo sát và vẽ bản đồ bố trí công trường. Nói chung căn cứ vào yêu cầu của quy mô công trình mà lập bản đồ địa hình từ 1/2000 ÷ 1/5000 và trên đó tiến hành bố trí hiện trường. Khi bố trí cần so sánh kinh tế giữa các phương án và chọn ra phương án hợp lí nhất.

1. Nguyên tắc cơ bản để bố trí mặt bằng thi công

- Phải quy hoạch thống nhất và toàn diện các công trình tạm và phục vụ thi công, tránh mọi sự mâu thuẫn và chồng chéo.
- Phải bố trí các xí nghiệp phụ, các xưởng gia công và các bãi xếp vật liệu một cách hợp lý. Đồng thời chọn được phương án vận chuyển và cách bố trí đường xá hợp lý, đảm bảo thi công tiện lợi và giá thành vận chuyển rẻ.
- Phải triệt để lợi dụng những công trình sẵn có của địa phương như xí nghiệp, xưởng gia công, nhà cửa, đường xá... Kết hợp khéo léo giữa công trình tạm và công trình lâu dài để sử dụng được tốt.
- Các công trình tạm phải phù hợp với yêu cầu bảo hộ lao động và kĩ thuật an toàn, phải theo đúng các quy định về phòng cháy và an toàn trong nổ mìn.
- Các công trình tạm phục vụ trong các thời kì phải bố trí cao hơn mực nước lũ để tránh ngập lụt và dòng nước phá hoại.

- Phải sử dụng hiện tượng thi công một cách hợp lý và kinh tế, nhưng đồng thời cần xét đến sự phát triển và mở rộng của các công trình tạm. Phải quán triệt nguyên tắc chiếm ít hoặc không chiếm ruộng đất để bố trí công trường.

- Các lán trại của công nhân nên gần nơi thi công để giảm bớt thời gian đi về của công nhân.

2. Công trình tạm phục vụ thi công

Các công trình tạm phục vụ thi công phải xây dựng xung quanh công trình chính. Khi xây dựng cần đặc biệt chú ý dùng vật liệu địa phương, lợi dụng vật liệu cũ và bố trí thật hợp lý để giảm giá thành xây dựng công trình tạm.

- Đường giao thông:

Phải tìm hiểu trước tình hình giao thông ở khu vực thi công, cần so sánh các phương án xem nên nối với mạng giao thông bên ngoài bằng đường bộ hay đường thủy. Nói chung vận chuyển bằng đường thủy thì rẻ hơn. Đường giao thông trong nội bộ công trường từ bãi xếp vật liệu đến nơi gia công và công trình chính phải thiết kế cụ thể, và trước khi sử dụng phải xây dựng xong.

- Cung cấp nước:

Cung cấp nước bao gồm nước dùng trong sản xuất và nước trong sinh hoạt. Đó là một vấn đề quan trọng không thể coi nhẹ. Trong những công trình lớn nước phải được phân tích về hoá học. Những nơi thiếu nước phải lập hệ thống cung cấp nước (như hệ thống dẫn nước và giếng). Định mức về tiêu hao nước dùng trong sản xuất và sinh hoạt như bảng 7.10 và bảng 7.11.

Việc cung cấp nước tạm thời phải giải quyết hai vấn đề sau đây:

a) Yêu cầu đối với số lượng và chất lượng nước.

b) Chọn nguồn nước thiết kế hệ thống cung cấp nước, chọn thiết bị bơm nước và dẫn nước.

- Hệ thống tháo nước

Trước khi đào móng cần tìm hiểu kỹ về tính thấm, mực nước ngầm và lượng thấm của đất, căn cứ vào địa hình mà bố trí mương tháo nước. Tận dụng dùng mương tự chảy, trường hợp không thể được mới tháo nước bằng thủ công hoặc máy bơm. Phải căn cứ vào quy mô công trình và điều kiện thực tế mà tiến hành so sánh kinh tế để chọn được phương án tháo nước hợp lý nhất.

- Kho và xưởng gia công

Bố trí xưởng gia công phải thuận tiện cho việc vận chuyển các thành phẩm hoặc bán thành phẩm đến công trình, đảm bảo an toàn phòng cháy. Xây dựng các nhà kho cần căn cứ vào điều kiện cụ thể, như kho dầu phải xa các kho dễ cháy và vật liệu dễ cháy, nên bố trí nơi ít người qua lại.

Bảng 7.10. Lượng tiêu hao nước dùng trong sản xuất

Đối tượng dùng nước	Đơn vị tính	Lượng hao nước bình quân (lít)
Rửa đá dăm hoặc sỏi: Người rửa	m ³	750 - 2000
Máy rửa	m ³	500 - 1000
Rửa cát	m ³	750 - 1500
Trộn bê tông	m ³	200 - 300
Tưới nước dưỡng hộ bê tông	m ³	200 - 400
Tổng lượng nước dùng để đổ thành 1m ³ bê tông	m ³	2000 - 2500
Trộn vữa xi măng	m ³	150 - 300
Trộn vữa vôi	m ³	1200
Xây gạch (dùng vữa vôi)	1000 viên	60 - 200
Xây đá	m ³	2500 - 3500
Tôi vôi	Tấn	5 - 10
Máy nén khí	1m ³ không khí	550 - 575
Máy kéo (rửa sạch)	Chiếc (ngày)	300 - 600
Ô tô (rửa sạch)	Chiếc (ngày)	15 - 25
Xưởng phát điện dùng động cơ đốt trong	Mã lực (giờ)	400 - 480
Chế tạo vữa đất sét và cát	m ³	15 - 40
Xưởng gia công và sửa chữa máy	1 máy trong 1 giờ	35 - 45
Xưởng gỗ	1 ca	350 - 450
Sản xuất gạch	1000 viên	700 - 1000
Sản xuất ngói	1000 viên	800 - 1200

Bảng 7.11. Lượng tiêu hao nước dùng trong sinh hoạt

Đối tượng dùng nước	Đơn vị tính	Lượng hao nước bình quân (lít)
Tắm bằng vòi hoa sen	Mỗi người	25 - 30
Giặt quần áo bằng tay	1kg quần áo khô	30 - 35
Nhà ăn	Mỗi người ăn	10 - 15
Trạm xá	Mỗi người bệnh	12 - 15
Công nhân	Người/ca	10 - 15
Nhân dân	Người/ngày	15 - 30

- Cung cấp điện

Trình độ cơ giới hoá trong thi công các trạm thuỷ điện sẽ ngày một nâng cao, do đó cung cấp điện là một điều kiện quan trọng để đảm bảo hoàn thành nhiệm vụ thi công. Cung cấp điện ở công trường chủ yếu giải quyết các vấn đề sau đây:

- Xác định các hộ dùng điện và số lượng điện tiêu thụ.
- Chọn nguồn điện
- Chọn vị trí đặt máy phát và biến thế.
- Bố trí đường dây.

Bảng 7.12. Công suất thấp sáng

Nơi sử dụng	Đơn vị	Chỉ tiêu
<i>Chiếu sáng trong phòng</i>		
Nhà tập thể và gia đình	W/m ²	1 - 4
Nhà hành chính, phúc lợi (văn phòng nhà ăn v.v...)	W/m ²	4 - 8
Nhà kho	W/m ²	1 - 3
Nhà máy, công xưởng	W/m ²	6 - 10
<i>Chiếu sáng ngoài phòng</i>		
Thi công công trình đất đá	W/m ²	0,3 - 0,5
Thi công công trình bê tông và bê tông cốt thép	W/m ²	0,6 - 1
Hiện trường thi công dùng máy đào đất đá hoặc đổ bê tông	W/m ²	1,5 - 2
Lắp ghép và hàn các kết cấu thép	W/m ²	1,5 - 2
Kho vật liệu ngoài trời	W/m ²	0,4 - 0,8
Đường giao thông chính	W/m ²	2,5 - 3,5
Đường giao thông phụ	W/m ²	1,5 - 1,8

- Trạm khí nén

Các trạm thuỷ điện nhỏ sau này sẽ dùng hơi ép trong thi công phổ biến. Độ dài lớn nhất của đường ống dẫn hơi ép không nên vượt quá 1,5 ÷ 2km, đường ống càng dài, tổn thất khí càng lớn.

3. Dự trữ và xếp vật liệu

Dự trữ và xếp vật liệu phải xét đến điều kiện giao thông ở hiện trường, đảm bảo vận chuyển và bốc dỡ tiện lợi, đồng thời tạo điều kiện cho bảo quản tốt. Định mức về vật liệu dự trữ trong kho có thể tham khảo bảng 7.13.

Bảng 7.13. Định mức để tính toán vật liệu dự trữ trong kho

Tên vật liệu	Đơn vị	Số lượng trên/m ²	Hình thức chất xếp	Hình thức bảo quản
Đá học	m ³	1	Xếp đồng	Kho ngoài trời
Giấy nhựa	tấn	0,7 - 0,3	Bó	Nhà kho
Đỉnh	tấn	0,85 - 1	Xếp đồng hoặc trên bục	Nhà kho
Sỏi	m ³			
Tấm tôn	tấn	1,5 - 2	Xếp đồng	Kho ngoài trời
Cốt thép	tấn	2 - 3	Trên bục	Trong lều
Vôi cục	tấn	1	Xếp đồng	Trong lều
Gạch chỉ	viên	1	Xếp thành đồng	Nhà kho
Gỗ tròn	m ³	500	Xếp thành cầu	Kho ngoài trời
Ván	m ³	0,7 - 0,5	Xếp đồng	Kho ngoài trời
Cát	m ³	1,1	Xếp đồng	Kho ngoài trời
Giấy dầu nhựa đường	cuộn	1,5 - 2	Xếp đồng	Kho ngoài trời
		20	Dựng trên tấm gỗ	Lều
Mặt kính	tấm	80	Đặt trên bục gỗ	Lều
Xi măng bao	tấn	1,3	Ba tầng	Nhà kho

- Dự trữ xi măng:

Dự trữ xi măng nên để ở nơi cao ráo, thoáng khí và che được mưa gió. Để tránh nước mưa ngấm vào kho, xung quanh nhà kho nên làm rãnh tiêu nước. Phải làm sàn bằng gỗ tròn hoặc ván để xi măng, mặt sàn cách đất 0,30m, cách tường ít nhất 0,60m để phòng ẩm và tiện lợi cho việc chất xếp, bốc dỡ và vận chuyển.

- Xếp đồng cốt vật liệu của bê tông.

Bãi cát, sỏi nên căn cứ vào tình hình cụ thể mà bố trí, trên cơ sở đảm bảo nguyên tắc tiện lợi giảm bớt số lần cân đong và dùng ít sức người.

- Xếp đá học

Bãi đá học nên để gần nơi sử dụng và bố trí sao cho bốc dỡ vận chuyển được an toàn. Độ cao xếp nên từ 1 ÷ 1,5m. Khi xếp đồng nên đặt gọn gàng, tránh đặt bừa bãi để giảm bớt diện tích xếp đồng và giảm bớt những ảnh hưởng đến việc xếp các vật liệu khác.

- Xếp gạch

Khi vận chuyển gạch đến công trường nên nhặt những viên bị vỡ hoặc không hợp quy cách ra một nơi, và xếp thành từng kiêu (mỗi kiêu khoảng 500 viên).

- Xếp gỗ

Căn cứ vào từng loại quy cách của gỗ mà xếp, dưới nên có kê đệm, không để gỗ tiếp xúc với mặt đất để phòng ẩm và mục nát. Độ cao xếp ván không hạn chế nhưng phải đảm bảo nguyên tắc ổn định và tiện bốc dỡ. Độ cao xếp đóng của gỗ tròn không được quá cao, vì gỗ tròn dễ bị lăn, dễ sinh sự cố khi bốc dỡ. Nói chung độ cao xếp gỗ thường trên dưới 1m là hợp lý.

- Xếp cốt thép

Căn cứ vào từng loại quy cách cốt thép mà xếp đóng để tiện lợi cho việc bốc dỡ và vận chuyển. Dưới cốt thép nên có đệm (gỗ tròn) để tránh tiếp xúc với đất và phòng ẩm. Phía trên làm lều hoặc có biện pháp che mưa để phòng ngập nước và han rỉ.

4. Xây dựng nhà tạm phục vụ công tác hành chính văn hoá, sinh hoạt và phúc lợi

Trong quá trình thi công trạm thuỷ điện cần một lượng nhân công rất lớn do đó làm sao để tổ chức tốt đời sống cho mọi người, đảm bảo cho công trình tiến hành thuận lợi. Việc xây dựng nhà ở tạm thời phục vụ đời sống, văn hoá và phúc lợi là một công tác chuẩn bị quan trọng trước khi thi công. Số lượng nhà cửa, lán trại cụ thể cần bao nhiêu phải căn cứ vào tình hình cụ thể từng nơi, từng công trình mà xác định.

Nhà cửa tạm ở công trường gồm có:

- Nhà ở của cán bộ công nhân viên. Căn cứ vào quy mô công trình thời gian thi công và tình hình nhà cửa sẵn có của nhân dân địa phương mà xác định.

- Nhà dùng cho công tác hành chính như văn phòng, nhà chỉ huy.

- Nhà dùng cho công tác phúc lợi như: nhà ăn, nhà tắm, nhà vệ sinh, câu lạc bộ.

Diện tích những nhà tạm thường rất lớn, phí tổn nhiều. Do đó nếu bố trí khéo có thể hạ giá thành công trình. Nên:

- Lợi dụng những nhà của nhân dân tương đối rộng rãi gần công trình để ở.

- Nhà cửa lâu dài nên xây dựng trước để lợi dụng phục vụ thi công.

Số lượng nhà tạm nói trên phải căn cứ vào số lượng cán bộ công nhân viên để xác định. Số lượng công nhân trực tiếp tham gia sản xuất có thể xác định ở biểu đồ cân bằng nhân lực trong tiến độ thi công. Cán bộ kỹ thuật hành chính và nhân viên phục vụ phải căn cứ vào tình hình cụ thể để xác định.

7.5. TÍNH VỐN ĐẦU TƯ CỦA CÔNG TRÌNH

7.5.1. Mục đích tính vốn đầu tư của công trình

Tính vốn đầu tư của công trình phải căn cứ vào thiết kế và kế hoạch thi công, cần làm xong trước khi khởi công. Căn cứ vào số lượng lao động, vật liệu và thiết bị cần dùng đã được xác định trong kế hoạch thi công mà tính ra toàn bộ vốn đầu tư cho công trình.

7.5.2. Phương pháp tính toán

1. Xác định các đơn giá trước khi tính vốn đầu tư

- Lương công nhân: Căn cứ vào tiêu chuẩn cấp bậc lương để tính.
- Giá vật liệu. Giá mua ở bên ngoài phải cộng với cước phí vận chuyển mới thành đơn giá tại công trường. Vật liệu tự sản xuất lấy (như gạch ngói, đá, vôi, cát...) thì lấy giá thành sản xuất thực tế làm đơn giá.
- Giá thiết bị: Nguyên giá cộng với cước phí vận chuyển đến công trường.
- Tiền chi phí một ca máy: Chi phí một ca máy bao gồm các chi phí về nhiên liệu, tiền lương công nhân và bảo dưỡng thường xuyên trong một ca làm việc.

2. Số lượng công nhân, vật liệu và ca máy

Có thể tham khảo các định mức thi công và định mức dự toán các công trình thuỷ lợi, căn cứ vào tình hình thực tế về trình độ kỹ thuật và kinh nghiệm để xác định, sau đó căn cứ vào các hạng mục và khối lượng công trình mà tính ra số lượng công nhân, vật liệu, máy thi công cần thiết cho toàn bộ công trình.

3. Chi phí khác

Chi phí khác là những chi phí ngoài chi phí về nhân công, vật liệu và thiết bị, như:

- Chi phí về quản lý hành chính:

Bao gồm lương của tất cả cán bộ công nhân viên quản lý xây lắp trong thời gian thi công, chi phí về văn phòng, về bảo hộ lao động y tế, về tuyên truyền.

- Chi phí bồi thường do sự ngập lụt của hồ chứa:

Bao gồm các chi phí về bồi thường ruộng đất, nhà cửa vườn cây bị ngập lụt, chi phí về nạo vét lòng hồ, di dân, di đường giao thông, đường dây điện thoại và các chi phí về đất đai nhà cửa do xây dựng hồ chiếm mất.

- Chi phí không lường trước:

Bao gồm các chi phí mà đến lúc khởi công vẫn không dự kiến trước được, có thể lấy từ $2 \div 5\%$ tổng số chi phí về nhân lực, vật liệu, máy xây dựng.

- Những chi phí cần thiết khác.

4. Lập bảng tính toán vốn đầu tư của công trình

Căn cứ vào đơn giá, khối lượng và các chi phí khác đã tính ở trên điền vào bảng, tính toán vốn đầu tư của công trình (bảng 7.14) thì có được tổng vốn đầu tư.

Bảng 7.14. Tính toán vốn đầu tư

Đơn vị tính: 1.10⁶ đồng

Số hiệu	Khoản mục	Đơn vị	Đơn giá	Số lượng	Tổng cộng	Ghi chú
1	Nhân lực	Công nhật				
2	Vật liệu					
	Thép	Tấn				
	Xi măng	Tấn				
	Gỗ	m ³				
	Chi phí các vật liệu khác	Đồng				
3	Chi phí máy XD					
	- Tời	Ca máy				
	- Ô tô	Ca máy				
	- Cần trục	Ca máy				
4	Thiết bị					
	Tước bin	Cái				
	Máy phát điện	Cái				
	Máy biến thế	Cái				
	Cửa cổng	Cái				
	Máy đóng mở	Cái				
	...					
5	Chi phí khác					
	Chi phí về quản lí hành chính	Đồng				
	Chi phí về bồi thường	Đồng				
						
	Chi phí khác					
	Tổng cộng:					

Kiểm tra

Người lập bảng

Chương 8

LẮP RÁP CÁC THIẾT BỊ CƠ ĐIỆN VÀ KHAI THÁC TRẠM THỦY ĐIỆN NHỎ

8.1. TỔ CHỨC CÔNG TÁC LẮP RÁP

Các thiết bị như tuốc bin, máy phát điện trực đứng, ở nhà máy chế tạo chỉ lắp ghép các bộ phận lại với nhau và kiểm tra, không tiến hành thử cho máy quay. Đối với máy phát điện trực ngang lắp ghép thành khối hoàn chỉnh và tiến hành chạy thử ở nhà máy trong điều kiện không tải.

Ở giai đoạn lắp ráp trong nhà máy thủy điện thì các tổ máy mới được kiểm tra toàn diện. Trong giai đoạn này sẽ tiến hành nối trực tuốc bin với máy phát điện. Lắp ghép và hàn các bộ phận của ống hút và các bộ phận ở buồng tuốc bin với nhau. Bởi thế khi lắp ráp những tổ máy công suất lớn phải tiến hành dưới sự hướng dẫn trực tiếp của các nhân viên kỹ thuật ở nhà máy chế tạo. Tổ chức lắp ráp cần chuẩn bị 3 vấn đề sau:

1. *Nhận và bảo quản thiết bị.* Các cấu kiện của tổ máy sau khi chờ đến hiện trường, cần tiến hành kiểm tra lại thiết bị dựa theo đơn đặt hàng. Nếu phát hiện phụ tùng bị thiếu cần kịp thời nhận cho đủ. Nếu diện tích nhà kho để thiết bị có hạn, các bộ phận lớn như buồng xoắn ốc, ống xả nước sau khi đã gói vào hòm và dầy nắp thì có thể đặt ngoài trời, nhưng các chi tiết nhỏ thì nên để vào kho. Đối với trục, ổ trục và các chi tiết tinh vi khác nêu lau kỹ, bôi mỡ để chống rỉ. Đối với máy phát điện và các thiết bị điện khác nên quét sạch bụi, đặt ở chỗ cao ráo, đặc biệt phải chú ý chống bụi và chống ẩm. Khi vận chuyển và bốc dỡ thiết bị phải chú ý dùng đệm các thiết bị tiếp xúc với mặt đất.

2. *Nhân lực và dụng cụ lắp ráp.* Trực tiếp phụ trách việc lắp ráp phải có đội trưởng là kỹ sư hoặc cán bộ kỹ thuật trung cấp. Trong lắp ráp phải có sự tham gia của các công nhân lắp ráp có kinh nghiệm, hiểu biết cơ cấu tổ máy, các nguyên lý và tác dụng của các bộ phận, để làm công tác lắp ghép. Ngoài ra, còn có những người sau này chịu trách nhiệm quản lý vận hành trạm cũng nên tham gia lắp ráp như: thợ máy, thợ phụ, công nhân cơ khí. Họ phải làm quen với các kết cấu tổ máy, sơ đồ làm việc và yêu cầu lắp ráp của nó để trong thời gian vận hành nếu gặp hư hỏng có thể tự sửa chữa được. Số lượng người lắp ráp khoảng 4 - 6 người đối với tổ máy nhỏ và 12 - 15 người đối với tổ máy công suất lớn.

Các dụng cụ lắp ráp có nhiều loại, trong đó có một số được chế tạo đồng thời với tuốc bin và máy phát điện. Đối với các bu lông tuốc bin vượt quá kích thước tiêu chuẩn, nhà máy chế tạo phải chế tạo cỡ lẻ đặc biệt để sử dụng khi lắp. Khi lắp ráp nên chuẩn bị dụng

cụ, sao cho với tất cả dụng cụ dùng lắp tước bin cũng có thể lắp máy khác được, để giảm số lượng dụng cụ cần thiết cho lắp ráp một tổ máy.

3. *Kiểm tra các chi tiết và kết cấu kiến trúc.* Sàn tước bin và sàn máy phát điện phải đủ bền để có thể chịu được tải trọng: một phần trọng lượng tổ máy, lực tác dụng của dòng nước và tải trọng động phát sinh khi tổ máy làm việc.

Kích thước và hình dáng sàn máy cũng như cao trình của nó phải chính xác tương ứng với sơ đồ tước bin và máy phát của nhà máy chế tạo. Cho nên ngay lúc bắt đầu lắp ráp phải có sơ đồ, trong đó ghi rõ các lỗ, khe để lắp ráp, các thiết bị trên mặt bằng và mặt đứng.

Bắt đầu lắp ráp, sàn tước bin phải được thu dọn sạch sẽ. Đồng thời phải kiểm tra các khối bê tông làm móng của tước bin, kiểm tra các tấm và dầm đỡ, các đầu cốt thép để móc nó vào các bộ phận khác của tước bin như: ống hút, vòng nối với sàn, vòng đế tước bin... Trước khi lắp ráp cũng phải kiểm tra các kích thước và các cao trình cần thiết của buồng tước bin và buồng ống hút thẳng hoặc ống hút cong.

8.2. LẮP RÁP TUỐC BIN

1. *Lắp ghép thử và xử lý thiếu sót.* Trước khi chính thức lắp ráp tước bin cần tiến hành lắp thử trước. Đó là bước chuẩn bị để lắp ráp chính thức. Trong quá trình lắp ráp thử cần kiểm tra xem các cánh hướng nước có đóng kín và quay có linh hoạt không, khe hở giữa bộ phận quay và bộ phận cố định, trục có cong không (trường hợp trục tước bin và trục máy phát nối trực tiếp), nếu phát hiện có thiếu sót cần kịp thời xử lý, như vậy có thể rút ngắn rất nhiều thời gian lắp ráp chính thức.

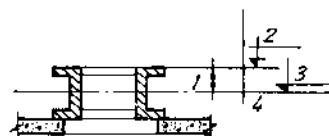
2. *Lắp ráp các bộ phận đặt chìm của tổ máy.* Trước khi đổ bê tông phần nền móng của tổ máy, cần dựa theo các vị trí chỉ định trên bản vẽ thiết kế mà đặt và cố định chắc các chi tiết chôn dưới bê tông, các bộ phận cần chôn như: vòng tì, vòng bệ, ống hút, các bu lông nền móng v.v... Kiểm tra lại các lỗ chừa sẵn để đặt các chi tiết vào trong nền bê tông, xem có sót lỗ nào không, vị trí của lỗ có chính xác không. Sau khi kiểm tra đúng quy cách, thì có thể đổ bê tông, lúc này cần đề phòng các bộ phận đặt chìm bị xô dịch khi đổ bê tông, chờ cho bê tông khô thì có thể lắp các bộ phận chủ yếu khác lên trên nền móng của bộ phận đã chôn dưới bê tông.

Trong các bộ phận đặt chìm của tước bin trục đứng, lắp ráp vòng bệ rất quan trọng, tấm móng buồng xoắn ốc của tước bin trục nằm cũng quan trọng cần bảo đảm cho chúng hoàn toàn phù hợp vị trí trung tâm, thẳng bằng và đúng cao trình, vì sẽ lấy chúng làm mốc để lắp các bộ phận khác. Sau đây giới thiệu phương pháp điều chỉnh cao trình, trung tâm và thẳng bằng vòng bệ tổ máy trục đứng.

a) Điều chỉnh cao trình và thẳng bằng

Bộ phận thủy công đã chôn sẵn cột mốc cao trình lắp ráp và trung tâm quy định theo thiết kế ở phụ cận nền móng bê tông, đồng thời ghi rõ kí hiệu như trên hình 8.1. Nhân viên lắp ráp

chỉ việc dựa vào kích thước vòng bê mà tính ra cao trình mặt đỉnh vòng bê, sau đó lại căn cứ cột mốc cao trình lắp ráp trung tâm tước bin trên bê tông cũng đánh kí hiệu làm chuẩn, lợi dụng nguyên tắc bình thông nhau và dùng ống hình chữ U để điều chỉnh cao trình vòng bê. Cho một đầu ống hình chữ U đặt vào điểm chuẩn đã làm dấu sẵn, đầu kia ống chữ U tựa gần vào mặt đỉnh vòng bê sao cho mực nước ở 2 đầu ống như nhau. Sau đó điều chỉnh vòng bê lên trên hay xuống dưới để sao cho mặt đỉnh vòng bê ngang bằng với mặt nước trong ống thuỷ tinh (hình 8.2), lúc đó biểu thị mặt đỉnh vòng bê tại điểm đó đã phù hợp cao trình thiết kế. Ta chia chu vi mặt đỉnh vòng bê làm 4 hoặc 6 phần bằng nhau và theo cách trên lần lượt điều chỉnh trên các điểm chia đó. Như vậy không những điều chỉnh được cao trình, mà còn làm cho mặt đỉnh vòng bê được bằng phẳng theo một tiêu chuẩn nhất định. Sai lệch cao trình vòng bê cho phép là $\pm 2\text{mm}$.



Hình 8.1: Sơ đồ cao trình lắp ráp vòng bê

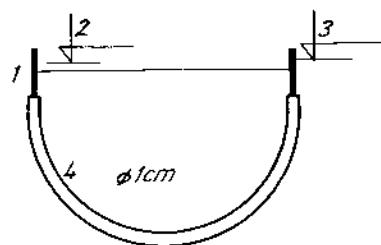
Dùng cách trên cũng có thể điều chỉnh cao trình và thẳng bằng tấm móng tổ máy trực nằm.

Muốn cho mức độ bằng phẳng của vòng bê hoặc tấm móng chính xác hơn nên dùng ni vô hình vuông để điều chỉnh. Độ không phẳng cho phép nên bé hơn $0,2\text{mm/m}$.

1. Tra hoặc đo từ bản vẽ chế tạo;
2. Cao trình lắp ráp mặt đỉnh vòng bê;
3. Cao trình lắp ráp trung tâm rôto tước bin;
4. Kí hiệu của bộ phận thuỷ công.

Hình 8.2: Điều chỉnh thẳng bằng và cao trình bằng ống chữ U

1. Ống thuỷ tinh; 2. Điều chỉnh vòng bê sao cho mặt đỉnh ngang bằng với mặt nước, số ghi trên ống thuỷ tinh bằng số ghi ở ống bên phải;
3. Mực nước ngang với tiêu điểm mặt đỉnh vòng bê;
4. Ống cao su đường kính trong 1cm đựng đầy nước.



b) Tìm trung tâm: Dựa theo phương x và y (phương thẳng góc với dòng chảy và phương của dòng chảy) kéo dây chữ thập, qua 4 đầu mút của dây chữ thập. Treo 4 dây dọi sao cho quả dọi rơi đúng vào điểm chuẩn trung tâm mà bộ phận thuỷ công đã chôn sẵn. Đường dây chữ thập này biểu thị đường tim của tổ máy.

Để giảm bớt sai số cần hiệu chỉnh độ bằng phẳng của đường dây chữ thập. Giao điểm của đường chữ thập là đường tim trực tổ máy. Qua giao điểm của đường chữ thập treo 1 dây dọi (nên treo vào sợi dây trên) ta được đường tim trực tổ máy, dựa vào đường tim này, lợi dụng nguyên lí khoảng cách từ trung tâm đến chu vi vòng tròn bằng nhau ta đo và điều chỉnh vị trí của vòng bê sao cho khoảng cách từ đường tim đến các điểm vòng tròn trong vòng bê bằng nhau. Như vậy ta đã điều chỉnh được trung tâm vòng bê. Cũng có thể dựa vào đường tim trực này, lợi dụng phương pháp trên để điều chỉnh vị trí trung tâm của các bộ phận khác của tổ máy.

Hình 8.3: Cách mắc dây dọi

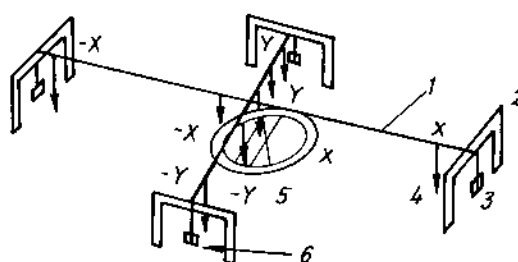
tìm đường tìm của tuốc bin

1. Dây thép nhỏ; 2. Giá gỗ;

3. Quả dọi; 4. Dây dọi;

5. Đường tìm trục;

6. Đường trục bộ phận thuỷ công đã đánh dấu sẵn.



Công tác điều chỉnh và kiểm tra cao trình, thẳng bằng và tìm trung tâm vòng bê hay vòng tì cần tiến hành phối hợp với nhau. Sau khi điều chỉnh đã đạt yêu cầu, còn cần kiểm tra lại kĩ lưỡng các trị số và sai số của các hạng mục kể trên, đồng thời ghi chép các kết quả đó lại.

c) Lắp bánh xe công tác, cánh hướng nước, nắp tuốc bin và các bộ phận khác: Sau khi đã đổ bê tông lên vòng bê và nền móng đã khô, có thể tiến hành lắp bánh xe công tác, cánh hướng nước, nắp tuốc bin và các bộ phận khác.

1. Khe lắp ráp: Người lắp ráp phải đặc biệt chú ý đến các khe lắp ráp giữa các bộ phận động và cố định của tuốc bin. Trị số khe lắp ráp lớn nhất giữa bánh xe quay và đế của tuốc bin xác định theo yêu cầu thuỷ lực phải thoả mãn điều kiện: $S_{\max} \leq 0,002D$ (D - đường kính trong của vòng đế).

Khe lắp ráp nhỏ nhất xác định theo yêu cầu về cơ khí sao cho bánh xe khi quay không bị va chạm và mắc kẹt. Khe lắp ráp phải kiểm tra bằng que đo theo 4 điểm đối xứng chung quanh bánh xe quay cách nhau một góc 90° . Độ không đều nhau của các khe không được vượt quá 0,2 khe trung bình. Chiều cao khe giữa đầu bánh xe quay và vòng đế thường lấy từ 8 - 10mm. Khe lắp ráp giữa trục tuốc bin và ổ bi định theo yêu cầu hình thành rãnh chứa dầu, phụ thuộc vào đường kính trục tuốc bin. Khe lắp ráp phía cạnh phụ thuộc vào đường kính trục lấy như sau:

Đường kính trục (mm)	85 - 120	120 - 150	180 - 240	240 - 300
Nhỏ nhất	0,05	0,06	0,075	0,10
Lớn nhất	0,10	0,12	0,24	0,26

Khe lắp ráp giữa các cánh hướng nước, vòng đế và nắp tuốc bin thường lấy: đối với tuốc bin đặt trong buồng xoắn giới hạn $0,25 \div 0,55\text{mm}$; đối với tuốc bin trong buồng hộp tròn chính diện và tuốc bin trục ngang cũng như đứng trong buồng hở có đường kính bánh xe quay dưới 1m lấy khoảng $0,50 \div 0,65\text{mm}$; đối với tuốc bin trục đứng trong buồng hở và xoắn bê tông đường kính bánh xe quay lớn hơn 1m lấy $0,50 \div 1,00\text{mm}$.

Khi đóng bộ phận hướng nước, cánh hướng nước phải sát lại với nhau theo suốt chiều cao cánh, khe hở có thể cho phép ở những điểm cá biệt không vượt quá $0,1 \div 0,2\text{mm}$ đối với trạm cột nước cao và nhỏ hơn $0,3\text{mm}$ đối với trạm cột nước thấp.

2. Trình tự lắp ráp như sau:

* Đem trục tước bin lắp vào bánh xe công tác, nên chú ý độ đồng tâm của trục và bánh xe công tác. Sau đó lại đem bánh xe công tác (đã nối với trục của nó) đặt vào giữa vòng bệ, điều chỉnh vị trí trung tâm của bánh xe công tác.

* Cấu trúc vòng đáy của cánh hướng nước, căn cứ vào khe hở vòng bệ và vòng đáy mà điều chỉnh vị trí trung tâm vòng đáy, tiếp đó dùng đinh bu lông cố định chặt vòng đáy vào vòng bệ.

* Dựa theo thứ tự đánh số sẵn của xưởng chế tạo, lần lượt lắp các cánh hướng nước lên trên ổ trục trên vòng đáy.

* Lắp ráp nắp tước bin. Có thể đem các chi tiết trên nắp tước bin lắp ghép trước, sau đó chỉ việc chở toàn bộ nắp tước bin một lần vào buồng máy. Sau khi đặt, kiểm tra một lần nữa xem nắp tước bin với bánh xe công tác có đồng tâm không, quay cánh hướng nước xem có nhẹ không, khe hở giữa nắp tước bin với mép trên cánh hướng nước và khe hở giữa mép dưới cánh hướng nước và vòng đế của bộ phận hướng nước có đều không (thông thường khe hở mép dưới bé hơn khe hở mép trên). Sau khi kiểm tra các nơi đều đúng quy cách thì lắp ráp cố định lại.

* Dựa theo bản vẽ thiết kế lắp ráp nối liền các chi tiết tay quay thanh nối... của bộ phận hướng nước.

* Nối liền trục của rôto máy phát và trục tước bin. Cần chú ý bảo đảm độ đồng tâm và cùng đường trục của 2 trục chính đó. Qua kiểm tra thấy có hiện tượng trục bị lệch nên gọt giữa mặt bích nối tiếp, nếu không thì khó vận hành trục sẽ gây ra rung động.

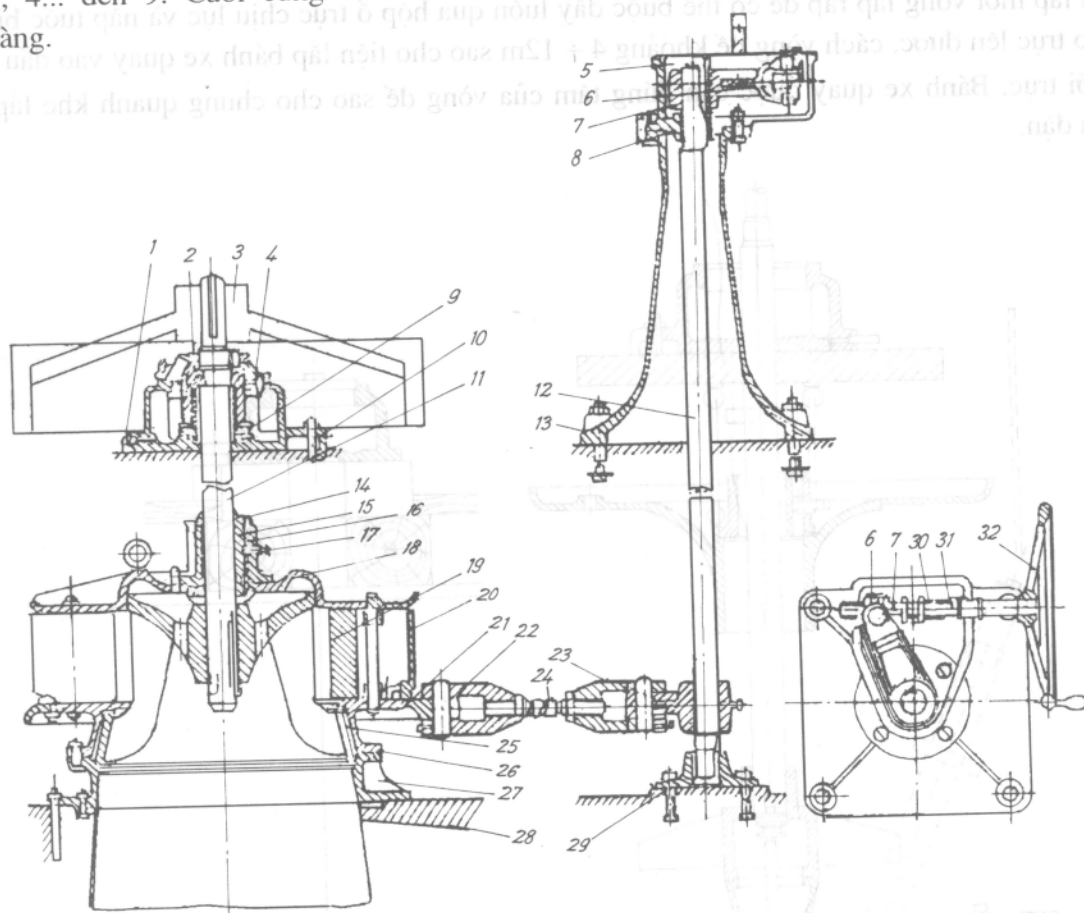
d) *Lắp ống thoát nước hình nón cụt.* Mặt bích phía dưới của vòng đế tước bin phải đệm 2 lớp chống thấm bằng cao su, hoặc bao tải. Dưới tấm đệm ở giữa 2 lớp và ở trên tấm đệm đều quét sơn dầu, sau đó mới đặt vào dưới mặt bích của vòng đế. Ống hút đưa qua buồng thoát nước phía hạ lưu. Nếu ống do 2 đoạn làm thành thì giữa các mặt bích cũng đệm bao tải hoặc cao su có quét sơn dầu. Chung quanh mặt bích đều có quét sơn để các bu lông khỏi rỉ. Ống hút nâng lên đưa vào lỗ có sẵn trong sàn buồng tước bin sao cho mặt bích phía trên nhô lên sàn một đoạn $0,5\text{m}$. Mặt bích này cũng đệm lớp cao su hoặc bao tải sơn dầu. Ống được nối với vòng đế bằng bu lông. Vòng đế phải kiểm tra hết sức cẩn thận mặt bằng bảo đảm nằm ngang thật chính xác.

e) *Lắp cột điều chỉnh bằng tay.* Lắp theo sơ đồ của xưởng chế tạo. Đưa trục theo đường dây dọi qua lỗ sàn, xuống sàn buồng tước bin cho tì vào ổ trục 29 (hình 8.4). Sau khi đã cân bằng trục và ổ trục ta bắt bu lông lại nhưng chưa vặn chặt. Ở đầu phía dưới trục điều chỉnh lắp cánh tay đòn 24 gắn chặt vào trục bằng đinh chốt. Ở đầu phía trên trục lắp cánh tay đòn điều khiển trục điều chỉnh 6. Trục đặt sao cho đầu phía dưới không bị sát vào ổ trục, ở đó phải đệm một lớp bao tải quét sơn dầu chống thấm. Sau đó cánh tay đòn được gắn chặt vào

trục bằng chốt và tì lên cột điều chỉnh để giữ trục. Sau khi đã kiểm tra trục điều chỉnh vận hành dễ dàng mới vận bu lông chặt lại.

Tiếp tục kiểm tra vị trí đặt cánh tay đòn điều chỉnh vòng điều tiết cho nằm ngang. Chiều dài cánh tay đòn điều chỉnh sao cho khi đóng cánh hướng nước hoàn toàn thì nó ở vị trí lớn nhất. Các khe giữa các cánh hướng nước khi đóng hoàn toàn được kiểm tra bằng que đo khe lắp ráp.

Trên bộ phận điều chỉnh trục có khắc độ mở khi đóng hoàn toàn lấy trị số 0 và khi mở hoàn toàn ghi trị số 10. Khoảng giữa 2 trị số đo chia ra làm 10 phần đều nhau và đánh dấu 1, 2, 3, 4... đến 9. Cuối cùng bôi dầu trơn và bánh xe điều chỉnh để điều khiển được dễ dàng.

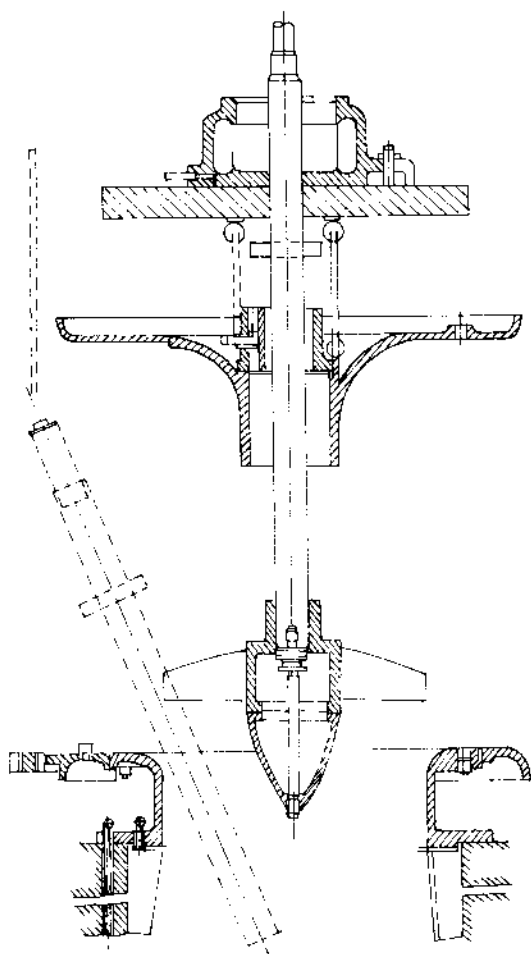


Hình 8.4: Cột điều chỉnh trên tuốc bin tâm trục, buồng hở, trục đứng IT300-DH59.

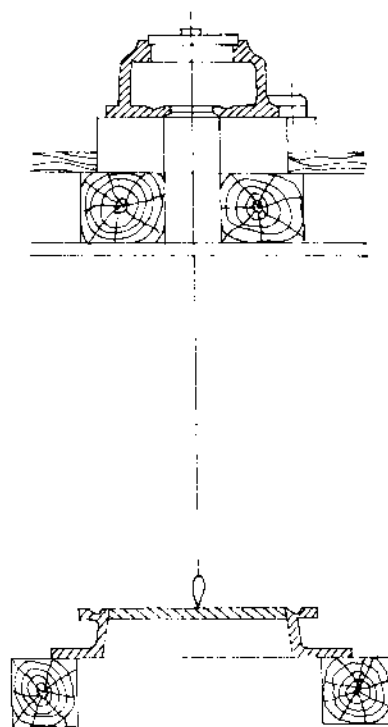
1. Núm tháo dầu mỡ; 2. đai ốc của ổ tựa; 3. Pulí của tuốc bin; 4. Ổ định hướng; 5. Bàn có khắc độ mở cánh hướng nước; 6. Đai ốc trên trục quay; 7. Cánh tay đòn; 8. Vỏ gang; 9. Ổ chịu lực hình mở cánh hướng nước; 10. Hộp ổ tựa; 11. Trục tuốc bin; 12. Trục điều chỉnh; 13. Vỏ gang; 14. Nắp; 15. Tấm điều chỉnh ổ định hướng; 16. Ổ trụ định hướng; 17. Đinh hãm; 18. Nắp tuốc bin; 19. Trục cánh hướng nước; 20. Cánh hướng nước; 21. Vòng điều chỉnh; 22. Trục nối với vòng điều chỉnh; 23. Cánh tay đòn; 24. Thanh điều chỉnh; 25. Bánh xe quay; 26. Vòng đế; 27. Vòng đế mỏng; 28. Ống thoát nước; 29. Ổ đỡ; 30. Ổ trục tựa; 31. Vít có ren; 32. Bánh xe điều khiển.

h) Lắp ráp tước bin loại chong chóng, trục đứng, buồng hở (CC70 - ĐH):

Trường hợp sàn tước bin bằng bê tông cốt thép, trong sàn đặt 2 dầm chữ U trên đó đặt vòng đế tước bin 17. Nếu là sàn gỗ vòng đế đặt lên tấm đỡ sàn. Vòng đế được cân bằng tâm theo tim nhà máy và theo lỗ để lắp bu lông xuống sàn. Kiểm tra vòng đế thật nằm ngang, nếu còn nghiêng phải dùng các tấm sắt mỏng kê. Sau khi đã thăng bằng ta vặn chặt bu lông cho đều mọi phía. Sàn bê tông, ống hút móc vào đầu cốt thép của sàn bê tông... Trên vòng đế đặt vòng điều tiết 16. Mặt vòng đế tiếp xúc với vòng điều tiết bôi dầu nhờn. Nắp tước bin cùng với dầm đỡ ổ trục điều chỉnh 4 và vỏ của ổ trục định hướng với đỉnh ốc điều chỉnh (không có tấm gỗ điều chỉnh) được treo lên dầm của trần buồng tước bin (hình 8.5). Trên đầu trục tước bin lắp một vòng lắp ráp để có thể buộc dây luồn qua hộp ổ trục chịu lực và nắp tước bin để treo trục lên được, cách vòng đế khoảng $4 \div 12\text{m}$ sao cho tiện lắp bánh xe quay vào đầu phía dưới trục. Bánh xe quay được căn đúng tâm của vòng đế sao cho chung quanh khe lắp ráp đều đặn.



Hình 8.5: Lắp tước bin chong chóng trục đứng, buồng hở



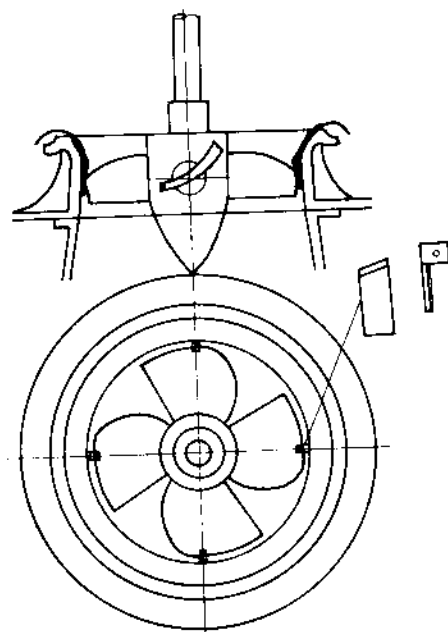
Hình 8.6: Căn tâm vòng đế với vị trí hộp ổ bi.

Để cho vị trí trục thẳng đứng rơi đúng tâm vòng đế thì trước khi lắp bánh xe quay đặt hộp ổ bi trước tiên trên sàn buồng máy, trên hộp ổ bi và trên vòng đế đặt 2 tấm gỗ tròn. Xác định tâm của 2 tấm này thật chính xác. Tấm trên đục lỗ ở tâm để thả dây dọi xuống rồi xê dịch hộp ổ bi sao cho tâm của 2 tấm trùng nhau, đánh dấu vị trí hộp ổ bi rồi nhắc ra để lắp bánh xe quay (hình 8.6)

Để kiểm tra khe hở giữa các đầu mút bánh xe quay với mặt trong vòng đế xem có đều không, ta dùng móc bằng thép tằm dây bằng độ rộng khe lắp ráp (hình 8.7).

Ổ vòng đế đã lắp trục của cánh hướng nước rồi, vít bu lông ở phía dưới lại. Bánh xe chuyên nếu có sẽ lắp trên đầu trục tước bin và gắn chặt bằng chốt. Sau đó lắp khung ở trong có tấm gỗ điều chỉnh của ổ trục định hướng. Trước khi đặt ổ trục phải bôi dầu nhờn. Sau đó bỏ que móc, kiểm tra lại khe lắp ráp giữa ổ trục định hướng với trục tước bin.

Cuối cùng lắp trục điều chỉnh, cánh tay đòn điều chỉnh. Kiểm tra trị số độ mở lớn nhất.



Hình 8.7: Kiểm tra khe lắp ráp giữa vòng đế đối với bánh xe quay

i) Lắp ráp tước bin tâm trục, trục ngang buồng hộp tròn chính diện (TT300-NT):

Ống hút 23, vòng đế 22 và khuỷu ống hút 14 được đặt lên dầm đỡ bê tông chữ U. Kiểm tra dây dọi thẳng góc với mặt bích thứ hai của khuỷu ống hút. Gắn 2 nửa vỏ tước bin 2 với khuỷu ống hút 14, dưới vỏ buồng tước bin lót một lớp đệm thép sao cho song song với mặt bích của vỏ tước bin theo chiều dây dọi (hình 8.8). Vỏ tước bin sau khi kiểm tra vị trí các mũ đỉnh qua các chân đế rồi vặn chặt lại. Sau đó lại kiểm tra theo đường dây dọi lần thứ hai, lấy vị trí mặt bích của vỏ làm chuẩn.

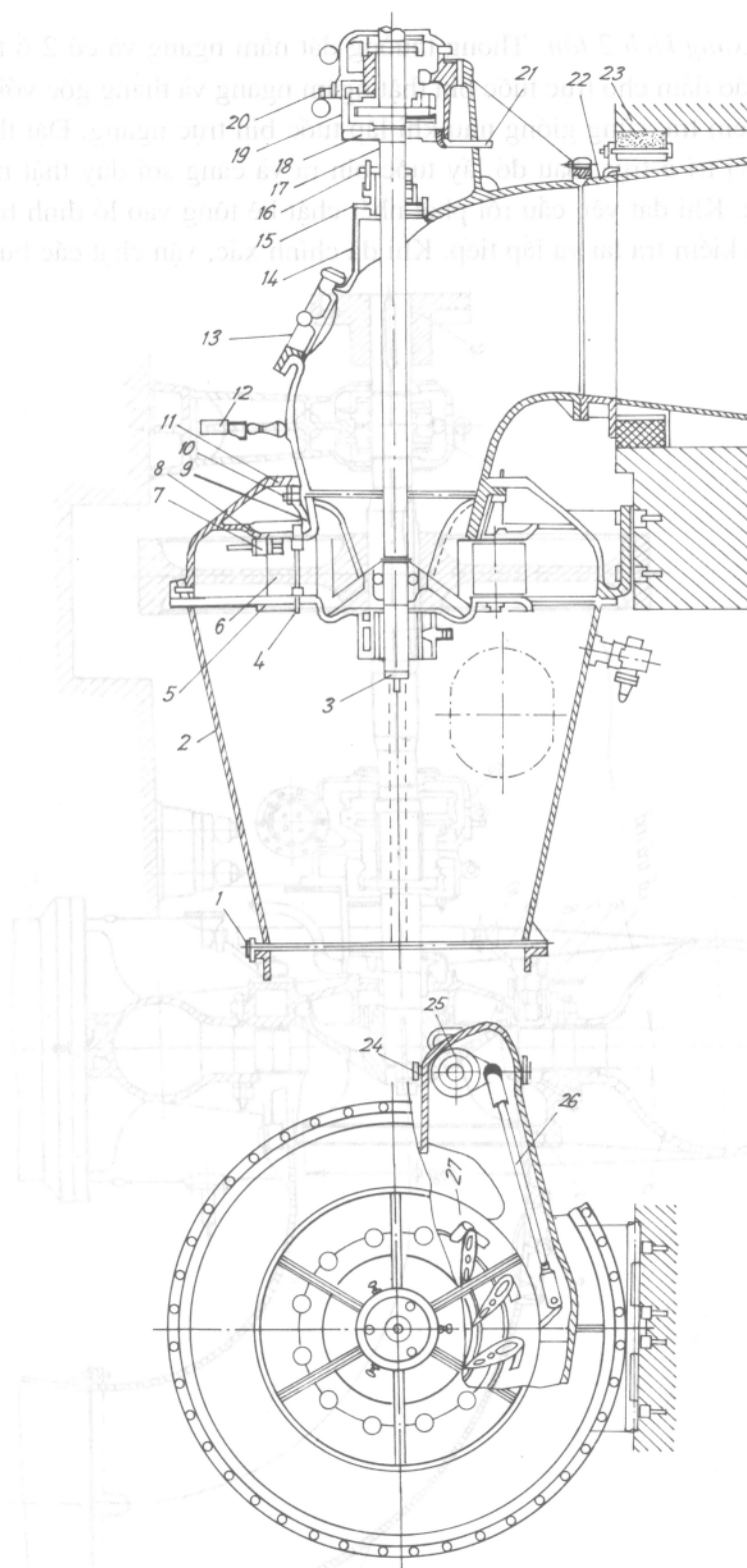
Vị trí khuỷu ống hút và vỏ trên mặt bằng kiểm tra, bằng dây đo tâm, luồn qua tước bin và lỗ trục khuỷu ống hút. Dây đo tâm phải căng với lực 500N/mm^2 . Dùng dây thép đường kính 0,5mm treo một tải trọng $100 \div 200\text{N}$. Kiểm tra vị trí nằm ngang của dây đo theo ống thủy bình. Từ dây đo tâm kiểm tra vị trí đặt vỏ và gối ống hút.

Trên trục tước bin lắp bánh xe 9 và gắn chặt bằng chốt. Trục tước bin đưa qua gối ống hút, một đầu tì lên ổ trục đỡ 19, còn đầu kia đỡ để có thể lắp được bộ phận hướng nước. Lắp bộ phận hướng nước và vòng điều tiết trên vòng đế 11 của tước bin. Vòng đế gắn vào khuỷu ống hút qua lớp đệm. Khi đã lắp bộ phận hướng nước rồi, ta lắp ổ trục định hướng 4 và nắp tước bin 5. Kiểm tra khe lắp ráp giữa bánh xe quay với vòng đế và nắp theo góc 90° . Khe đối diện theo đường kính có thể khác nhau không lớn quá $0,1 \div 0,2\text{mm}$. Sau khi kiểm tra trục, vận các bu lông của bộ phận hướng nước và ổ trục lại. Tiếp tục lắp ống dẫn nước sạch 3 vào ổ trục định hướng 4. Lắp trục điều chỉnh 24 với vòng điều tiết 29 bằng cánh tay đòn điều khiển 25 và 26. Lắp phần 2 của tước bin vào mặt bích của vỏ phần trước tước bin qua một lớp đệm chống rò. Sau đó tiếp tục lắp van đĩa rồi đến ống dẫn. Độ chặt giữa van với mặt bích ống dẫn và buồng tước bin tùy theo sự thay đổi chiều dày của lớp đệm cao su.

k) Lắp ráp tước bin tâm trục buồng xoắn kim loại, trục ngang (TT13 - NK)

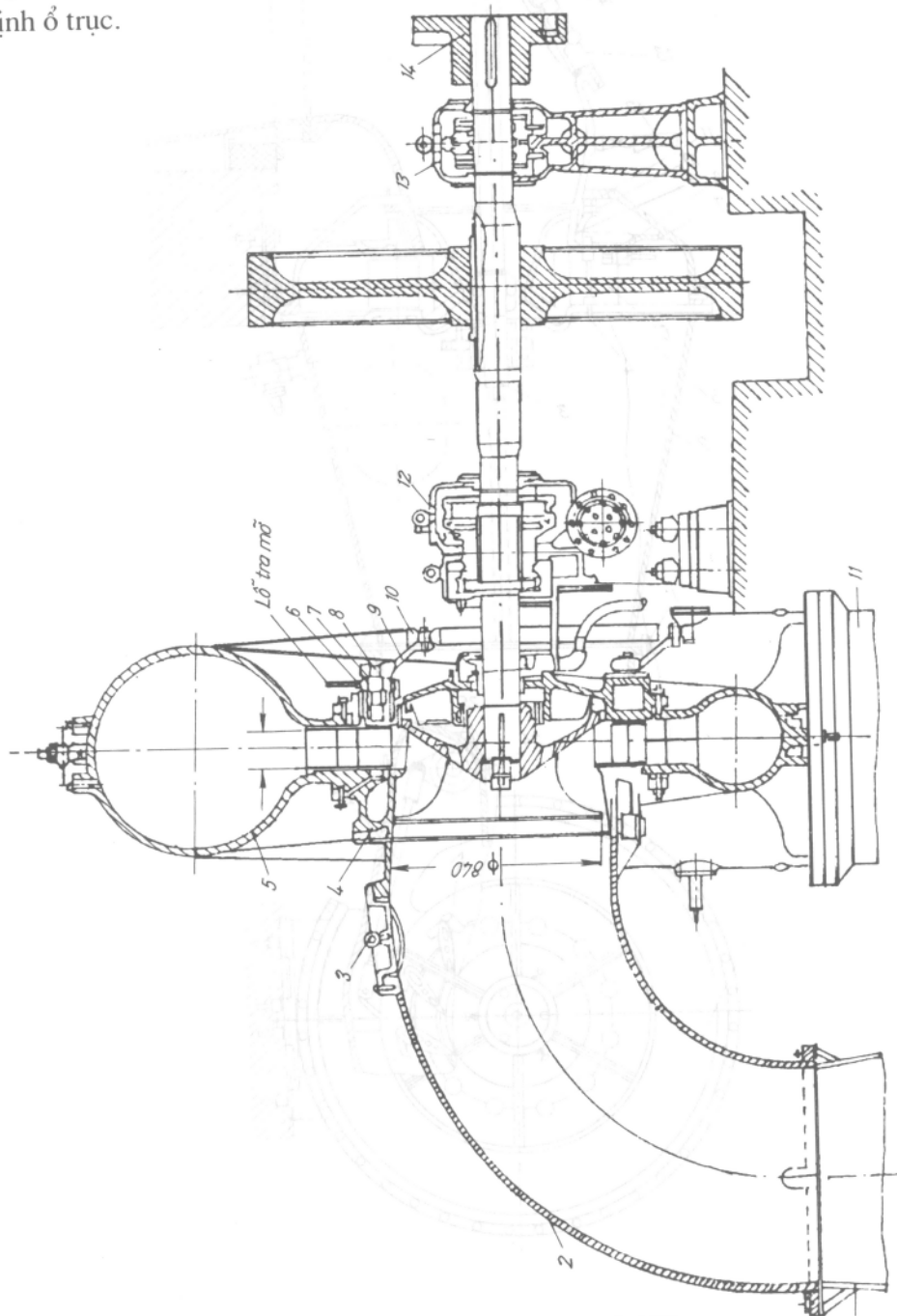
Lắp ống hút nước 1 xong, kiểm tra mặt nằm ngang của mặt bích phía trên ống hút bằng ống thủy tinh. Đặt dây dọi theo đường thẳng đứng. Để giảm bớt thời gian dao động của dây dọi, ta thả quả dọi vào thùng dầu. Đo khoảng cách từ dây dọi đến mặt trong ống hút bằng thước đo độ dài xem vị trí mặt ống hút có chính xác không. Căn đúng tâm ống và kiểm tra mặt nằm ngang của mặt bích phía trên ống. Kiểm tra đoạn ống hình trụ, nếu đo độ cứng không đạt có thể bị bẹp. Nếu bẹp ta dùng kích để sửa lại và kích cứ để như vậy đến khi buộc ống hút vào cột thép, ống sẽ gắn chặt vào dầm đỡ (hình 8.9). Sau đó lắp đoạn ống cong chịu áp 11. Dùng dây căng nằm ngang, dây dọi, ống thủy bình kiểm tra vị trí nằm ngang của đoạn ống theo mặt bằng và mặt đứng, đồng thời kiểm tra mức nằm ngang của mặt bích phía trên.

Nếu buồng xoắn kim loại 5 tháo rời thì phải lắp lại ở sàn lắp ráp theo thứ tự sau: Đặt nửa ống lớn lên đế và mặt bích. Lau sạch mặt bích rồi đặt lên đó vòng đệm cao su. Nửa thứ hai của buồng xoắn nhỏ hơn mang đặt lên nửa lớn theo chiều chốt sắt nhỏ rồi vận chặt lại. Sau đó đặt nắp tước bin 4 và 6 bộ phận hướng nước 8, tay điều chỉnh 9 và vòng điều tiết 10. Đặt sao cho mặt bích của buồng xoắn khít với mặt bích của đoạn ống cong rồi vít chặt bằng bu lông. Kiểm tra mối nối ngang của 2 nửa buồng xoắn và cao trình của nó. Gắn sát buồng xoắn thả dây dọi quả dọi đặt trong thùng dầu. Đo khoảng cách từ dây đến các điểm trên mặt phẳng của nắp trên và nắp dưới kiểm tra vị trí chính xác của buồng xoắn theo mặt đứng. Sau đó kiểm tra các đỉnh ốc ở sàn bê tông và ở đoạn cong xem đã chặt chưa. Đoạn cong 2 của ống hút có lỗ kiểm tra 3 phải có tấm đệm cao su. Đoạn cong này vận chặt vào mặt bích của ống hút 1 và vào nắp sau 4 của tước bin. Ống hút gắn chặt vào đoạn cong 2 và hàn với cốt thép của sàn bê tông. Lắp ổ tựa 12 vào ổ định hướng 13 căn đúng tâm của nó so với dây căng qua lỗ của buồng xoắn tước bin. Lắp bánh đà vào trục rồi tra chốt dọc. Trục cùng với bánh đà đưa vào buồng xoắn 5 qua nắp trước 6, rồi đặt vào ổ trục định hướng những tấm điều chỉnh tựa trục lên đó. Đưa bánh xe quay từ phía khuỷu ống hút vào, lắp lên trục vận chặt ê cu còn lại. Căn đúng tâm của bánh xe quay theo các khe giữa vòng chống rò. Đồng thời dùng ống thủy bình kiểm tra mức nằm ngang của trục tước bin. Sau đó kiểm tra các khe lắp ráp rồi tiếp tục nối buồng xoắn với ống dẫn, các máy đo và bộ phận hãm.



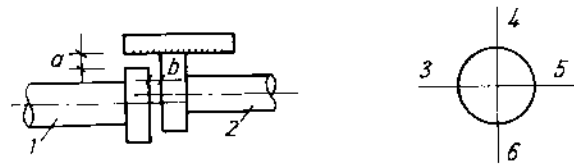
Hình 8.8: Lắp ráp tước, bin tâm trục, trục ngang, buồng hộp tròn

1) Lắp ráp tước bin xung kích 2 lần: Thông thường đặt nằm ngang và có 2 ổ tựa ở 2 đầu trục tước bin. Khi lắp bảo đảm cho trục tước bin thật nằm ngang và thẳng góc với đường tim của miệng phun. Để kiểm tra, cũng giống như khi lắp tước bin trục ngang. Đặt thử tước bin vào ổ tựa để xác định vị trí ổ tựa. Sau đó lấy tước bin ra và căng sợi dây thật nằm ngang, kiểm tra tâm của ổ tựa. Khi đạt yêu cầu rồi phải nhét chặt bê tông vào lỗ đỉnh bu lông, đợi bê tông đông cứng mới kiểm tra lại và lắp tiếp. Khi đã chính xác, vặn chặt các bu lông bằng êcu để cố định ổ tựa.



Hình 8.9: Lắp ráp tước bin TT13-NK

m- Phương pháp điều chỉnh đường trục nối tiếp tước bin với máy phát điện: Dem mặt bích của trục tước bin áp sát vào mặt bích của trục máy phát (hình 8.11), đồng thời đặt một thước phẳng lên mặt bên của mặt bích. Trục máy phát điện, chọn 1 điểm làm mốc, để yên trục máy phát, quay trục tước bin và mỗi khi trục quay được 90° thì dùng thước luôn đo trị số a và b.



Hình 8.10: Đo điều chỉnh trung tâm trục nằm

1. Trục tước bin; 2. Trục máy phát;
3. Phía trái; 4. Trên; 5. Phải; 6. Dưới.

Như vậy, trị số khác nhau của a biểu thị độ lệch tâm của mặt bích trục tước bin. Giá trị khác nhau của b biểu thị độ nghiêng của mặt bích trục tước bin. Các trị số b và a phản ánh chất lượng của mặt bích trục tước bin. Nếu trục tước bin đứng yên mà quay trục máy phát cũng như vậy sẽ kiểm tra được chất lượng mặt bích của trục máy phát.

Điều chỉnh đường trục tước bin và máy phát được tiến hành như sau:

- Dùng thước bằng đặt ở phía trên, phía dưới và bên phải, bên trái đo trị số a, sau đó lại để 1 trục đứng yên, quay trục kia và sau khi quay 90° lại đo 1 lần. Lấy trị số bình quân 4 lần đo làm mốc để điều chỉnh giá trục. Nếu thấy máy phát hơi cao thì nên hạ thấp. Nếu nghiêng về bên phải thì đẩy trục về bên trái sao cho trị số a gần bằng 0 (khi đường kính của 2 mặt bích bằng nhau), hoặc sai số của a ở các điểm đo gần bằng nhau (khi đường kính của 2 mặt bích khác nhau).

- Dùng thước luôn đo trị số b ở 4 phía giữa 2 mặt bích, sau đó đồng thời quay cả 2 trục và sau mỗi lần quay 90° lại đo 1 lần, lấy giá trị bình quân của 4 lần đo làm mốc tìm ra sai lệch khe hở giữa 4 phía của mặt bích (trên, dưới, phải, trái). Nếu thấy khe hở phía trên lớn thì nâng cao phía đầu kia của trục. Nếu khe hở mặt phải lớn hơn một ít thì hơi xê dịch đầu kia của trục về bên phải. Sau đó lại đo cho đến khi sai lệch b gần bằng 0 mới thôi.

Nếu trục tước bin và máy phát nối gián tiếp bằng dây cu roa, thì chỉ cần điều chỉnh sao cho khoảng cách giữa 2 trục và trục song song với nhau hợp với yêu cầu là được.

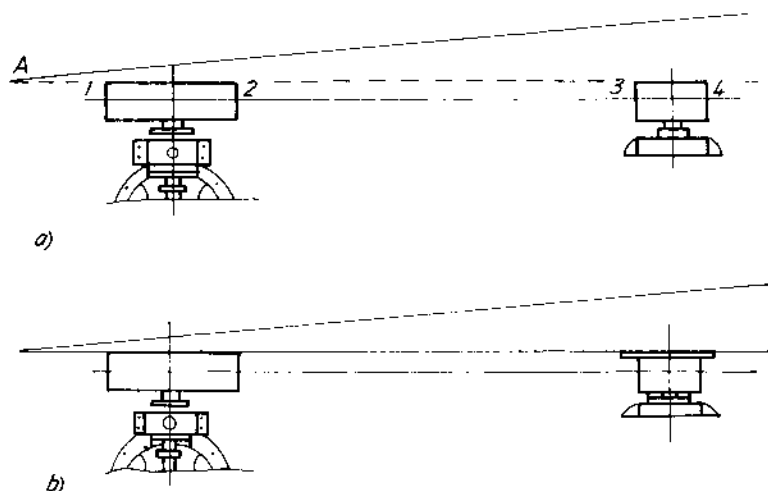
8.3. LẮP RÁP MÁY PHÁT ĐIỆN THUYẾT LỰC

1. Lắp ráp máy phát trục ngang: Loại này thường được lắp hoàn chỉnh ở nơi sản xuất. Việc lắp vào trạm cần giữa cho đúng quy cách. Máy phát trục ngang nối với tước bin trục ngang bằng dây chuyên phẳng, bánh xe chuyên gắn vào đầu trục máy. Để dây được căng, máy phát đặt trên bàn trượt, bu lông gắn bàn trượt vào sàn bê tông. Chiều cao tốt nhất của móng máy trên sàn máy lấy bằng $20 \div 25\text{cm}$. Tùy từng trường hợp phải điều chỉnh theo

tốc bin sao cho trục tốc bin và máy phát đặt đúng với cao trình thiết kế. Việc gắn chặt bu lông chỉ tiến hành sau khi sàn bê tông đã cứng. Nếu đặt đúng máy, dây truyền lực trong thời gian làm việc sẽ ở vị trí trung tâm của bánh xe truyền. Khi trục máy phát so với trục tốc bin bị nghiêng lệch, dây truyền lực văng ra phía ngoài bánh xe truyền. Cho nên trục của máy phát và trục của tốc bin phải đặt song song với nhau. Mức nằm ngang của máy phát, kiểm tra bằng ống thuỷ bình. Để bảo đảm dây truyền lực nằm trung tâm của bánh xe chuyển khi làm việc, nghĩa là đảm bảo trên cùng một đường thẳng ta dùng dây đo. Đầu cuối dây treo một vận nặng tạo sức căng 500 N/mm^2 . Khi đường kính dây $0,5\text{mm}$ cần tải trọng $100 \div 120\text{N}$ sẽ có sức căng trên.

Trường hợp 2 bánh xe chuyển có cùng một chiều rộng ta cho dây đó cố định ở A trên cùng mặt phẳng với đầu mút bánh xe truyền rồi xê dịch đầu máy phát sao cho tiếp xúc với dây ở các điểm 1, 2, 3, 4 (hình 8.11a). Khi chiều rộng 2 bánh xe truyền khác nhau, dây đo đặt theo mặt phẳng của bánh xe truyền tốc bin. Di chuyển bánh xe truyền của máy phát sao cho cách dây đo một khoảng bằng $1/2$ hiệu số giữa 2 chiều rộng bánh xe truyền, kiểm tra khoảng cách đo bằng một tấm tương ứng với khoảng ấy (hình 8.11b).

Hình 8.11: Lắp máy phát trục ngang với tốc bin trục ngang;
a) Khi 2 bánh xe truyền có chiều rộng như nhau;
b) Khi 2 bánh xe truyền có chiều rộng khác nhau.

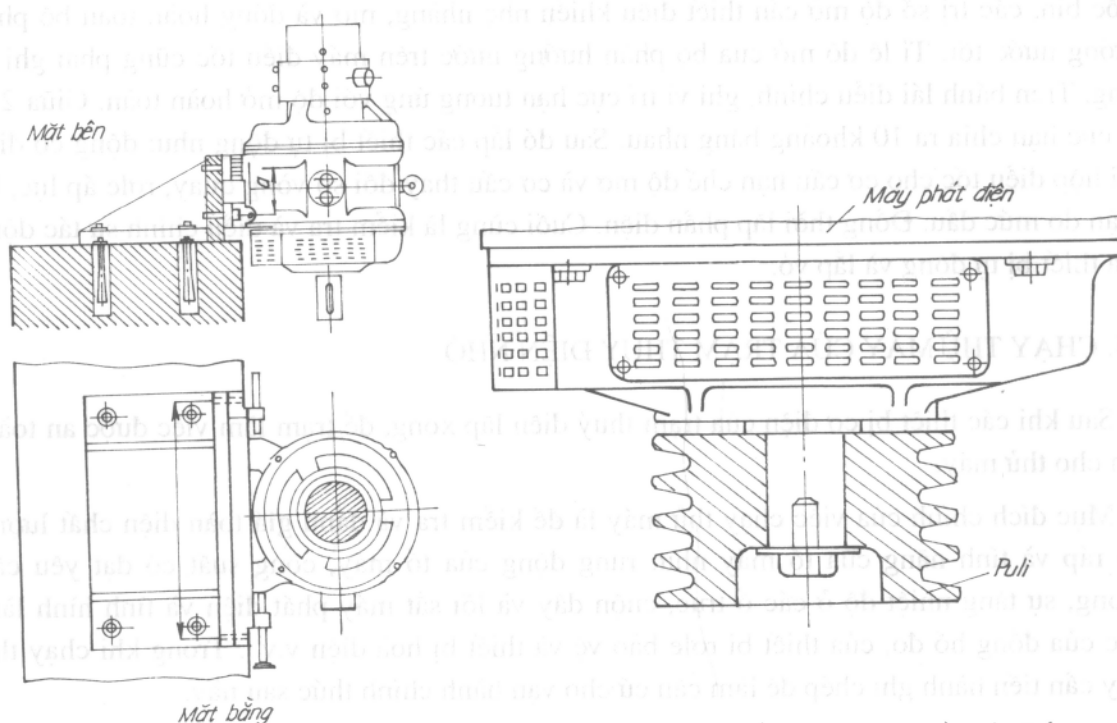


2. Lắp máy phát điện trục đứng: Máy phát trục đứng nối với tốc bin trục đứng bằng dây truyền lực hình thang. Máy phát vít chặt vào một giá bằng kim loại. Trên giá có rãnh trượt, có thể di chuyển máy theo chiều dây truyền căng được. Chiều cao móng máy của máy phát lấy sao cho mặt phía dưới của bánh xe truyền máy phát cùng mặt phẳng ngang với mặt phẳng dưới của bánh xe truyền tốc bin hoặc thấp hơn $5 - 10\text{mm}$. Điều đó làm tăng thời gian làm việc của ổ trục máy phát điện, vì nó chịu tải trọng hướng tâm. Nếu đặt cao hơn, tải trọng hướng tâm ở ổ trục sẽ tăng do sức căng của dây truyền tạo thành lực phụ hướng xuống phía dưới (hình 8.12).

Để đặt đúng bánh xe truyền tốc bin ta dùng thước và ống thuỷ bình kiểm tra bánh xe truyền của máy phát gắn vào cuối trục phải chặt để tránh bật ra ngoài khi máy làm việc.

Muốn vậy đầu trục phải làm lỗ có ren và bánh xe truyền được gắn chặt vào trục bằng đinh ốc và vòng đệm (hình 8.13).

Trục máy phát điện phải đặt thật thẳng đứng bằng cách đặt tám thép mỏng giữa tám thẳng đứng của giá đỡ và chân máy phát điện. Kiểm tra trục thẳng đứng nhờ dây dọi hoặc ống thủy bình.



Hình 8.12: Lắp máy phát điện trục đứng

Hình 8.13: Lắp bánh xe truyền có rãnh vào trục máy phát

8.4. LẮP MÁY ĐIỀU TỐC TỰ ĐỘNG

Ở trạm thủy điện nhỏ thường máy điều tốc đi với tước bin nhỏ đã được lắp hoàn chỉnh. Nên chỉ cần lắp nó vào móng máy, rồi nối trục điều chỉnh của tước bin và nối với nguồn điện sao cho đúng.

Trước khi lắp, phải kiểm tra lớp mỡ bảo vệ các bộ phận truyền động. Cũng cần kiểm tra chính xác vị trí móng máy, trục tước bin và trục điều chỉnh. Khi lắp máy điều tốc ở tước bin trục ngang phải kiểm tra cao trình trục điều chỉnh với trục lỗ của ổ đỡ máy điều tốc và kiểm tra vị trí chính xác của các lỗ bu lông móng máy. Nối máy điều tốc phải đảm bảo trục điều chỉnh của tước bin thật thẳng góc ở tước bin trục đứng và thật nằm ngang ở tước bin nằm ngang. Ngoài ra, trục điều chỉnh phải song song với trục tước bin. Vị trí trục điều chỉnh kiểm tra bằng dây dọi và ống thủy bình. Kiểm tra vị trí trục điều chỉnh xong ta đặt máy điều tốc lên móng ở vị trí tạm thời và nối cơ cấu truyền động với trục tước bin. Điều chỉnh

cho chính xác vị trí máy điều tốc vào vị trí các lỗ bu lông. Sau đó lắp bu lông và nhét bê tông vào lỗ. Sau khi bê tông đông cứng tiếp tục lắp, đồng thời kiểm tra một lần nữa vị trí của nó và siết chặt bu lông.

Sau khi nối cơ cấu truyền động của máy điều tốc với trục điều chỉnh của tuốc bin, ta dùng bộ phận điều tốc bằng tay để kiểm tra mức độ khít khi đóng bộ phận hướng nước của tuốc bin, các trị số độ mở cần thiết điều khiển nhẹ nhàng, mở và đóng hoàn toàn bộ phận hướng nước tốt. Tỷ lệ độ mở của bộ phận hướng nước trên máy điều tốc cũng phải ghi rõ ràng. Trên bánh lái điều chỉnh, ghi vị trí cực hạn tương ứng với độ mở hoàn toàn. Giữa 2 vị trí cực hạn chia ra 10 khoảng bằng nhau. Sau đó lắp các thiết bị tự động như: động cơ điện với hộp điều tốc cho cơ cấu hạn chế độ mở và cơ cấu thay đổi số vòng quay, rơle áp lực, bộ phận đo mức dầu. Đồng thời lắp phân điện. Cuối cùng là kiểm tra và điều chỉnh sự tác động của thiết bị tự động và lắp vỏ.

8.5. CHẠY THỬ MÁY CỦA TRẠM THUỶ ĐIỆN NHỎ

Sau khi các thiết bị cơ điện của trạm thủy điện lắp xong, để trạm làm việc được an toàn, cần cho thử máy.

Mục đích chính của việc chạy thử máy là để kiểm tra và đánh giá toàn diện chất lượng lắp ráp và tính năng của tổ máy như: rung động của tổ máy, công suất có đạt yêu cầu không, sự tăng nhiệt độ ở các ổ trục, cuộn dây và lõi sắt máy phát điện và tình hình làm việc của đồng hồ đo, của thiết bị rơle bảo vệ và thiết bị hoà điện v.v... Trong khi chạy thử máy cần tiến hành ghi chép để làm căn cứ cho vận hành chính thức sau này.

1. Thử nghiệm và kiểm tra trước khi thông nước.

Trước khi cho nước qua tuốc bin, cần kiểm tra một cách toàn diện tổ máy theo nội dung sau:

a) Tổ máy và thiết bị phụ trợ quan trọng

- Kiểm tra cửa lấy nước: kiểm tra rác bẩn có bám vào cửa cống lấy nước, các cửa cống liên quan tới trạm, và phạm vi các thiết bị đóng mở cửa van khác. Tiến hành thao tác thí nghiệm các máy đóng mở. Kiểm tra vị trí công tác bình thường của lưới chắn rác, dọn sạch các rác bẩn.

- Kiểm tra đường ống áp lực hoặc kênh dẫn nước: dọn sạch rác bẩn bên trong; đối với đường ống áp lực cần xem lại các lỗ thông hơi có thông suốt không, van xả nước có đóng kín không, sau đó đóng kín các lỗ kiểm tra.

- Kiểm tra buồng xoắn và miệng ống xả nước: dọn sạch rác bên trong; đối với đường ống áp lực cần xem lại các lỗ thông hơi có thông suốt không, van xả nước có đóng kín không, sau đó đóng kín các lỗ kiểm tra.

- Kiểm tra buồng xoắn và miệng ống xả nước: dọn sạch rác bên trong, đối với cửa cống hạ lưu của tổ máy chạy thử cần được mở cống trước khi tổ máy thông nước khởi động.

- Thí nghiệm điều khiển bằng tay máy điều tốc: kiểm tra tình hình thao tác của động cơ tuý động máy điều tốc và cơ cấu hướng nước, chúng không có hiện tượng va chạm vào nhau. Khi động cơ tuý động xê dịch toàn bộ hành trình phải ổn định, kim chỉ độ mở trên máy điều tốc và dưới cánh hướng nước cần như nhau. Độ mở lớn nhất của cánh hướng nước và độ đóng kín đều phải phù hợp yêu cầu. Dùng phương pháp đóng đột ngột kiểm tra thời gian cần để cánh hướng nước quay từ vị trí mở hoàn toàn đến vị trí đóng hoàn toàn, đồng thời cần phù hợp với giá trị quy định khi thiết kế. Khi thao tác đóng mở cánh hướng nước, cần bảo đảm cho lực ma sát giữa cánh hướng nước với nắp và vòng đáy ít nhất.

- Kiểm tra buồng xoắn, bánh xe công tác, cánh hướng nước và ống xả nước của tuốc bin xem chỗ cần bịt kín có rò rỉ không. Trước khi cho nước chảy qua tuốc bin cần kiểm tra xem lượng nước đã chảy vào ổ trục tuốc bin đã đầy đủ chưa và đã cho dầu mỡ vào các ổ trục của cánh hướng nước chưa.

- Kiểm tra máy phát điện thủy lực: trong và ngoài máy phát phải sạch sẽ. Dùng bột mì dính để lấy đi các hạt cát bụi nhỏ hay các vụn sắt trong thùng dầu của ổ trục, đồng thời rửa kỹ bằng dầu ma zút, sau đó đổ đầy dầu làm trơn và đổ đi lượng dầu đó, lại tiến hành đổ dầu lần thứ hai. Kiểm tra bộ phận quay, như thân rôto, rãnh thông gió, cực từ, mặt đáy giá đỡ trên, vòng dây stato, bộ bin máy kích từ, chân đỡ máy kích từ, khe hở giữa bộ phận quay của máy phát điện, máy kích từ và bộ phận cố định có dị vật hoặc khe hở quá nhỏ. Thùng dầu ổ trục có bị dầu rò rỉ không, có đầy đủ lượng dầu không, chiều cao mức dầu có bình thường không, chất lượng dầu có phù hợp yêu cầu không.

b) Bộ phận điện

- Cần kiểm tra tình hình lắp ráp, thí nghiệm ghi chép và các văn bản kỹ thuật thi công thiết bị điện có phù hợp yêu cầu chất lượng lắp không.

- Thí nghiệm kiểm tra mức cách điện của các vòng dây stato và rôto máy phát điện, máy kích từ, và tiến hành đồng thời với nhân viên kỹ thuật bộ phận thi công của xưởng chế tạo chứng minh là đạt yêu cầu kỹ thuật.

- Dùng điện áp 1000V để tiến hành thí nghiệm chịu áp trong toàn bộ mạch điện xoay chiều kích thích từ, thí nghiệm trong thời gian 1 phút.

- Thí nghiệm chịu áp của vòng dây máy biến thế chỉnh đối với đất đã tiến hành trước, đồng thời chứng minh là đạt yêu cầu kỹ thuật.

- Cần tiến hành thí nghiệm mức cách điện xoay chiều của thanh cái phân phối điện (trong điều kiện cắt đứt máy phát, máy biến thế và dây cáp điện thì lần lượt tiến hành thí nghiệm theo các hạng mục trên).

- Kiểm tra xem đầu vòng dây máy kích từ có chính xác không; điều chỉnh thanh quét máy kích từ đến vị trí chính xác.

- Kiểm nghiệm điều chỉnh các rơ le bảo vệ và các đồng hồ đo lường cho phù hợp yêu cầu.

- Trước khi chạy thử máy, tất cả các máy ngắt điện đều ở vị trí hở mạch.
- Kim các đồng hồ đo chỉ số không, qua điều chỉnh các rôle.

2- Khởi động thử máy:

Khi đã kiểm tra xong các hạng mục kể trên và đã đạt yêu cầu, có thể cho tháo nước qua tuốc bin để thí nghiệm chạy thử máy.

- Mở từ từ cánh cổng ở cửa lấy nước.
- Mở từ từ máy điều tốc để khởi động máy, theo dõi độ mở của cánh hướng nước.
- Trong quá trình mở máy cần bố trí người chuyên môn theo dõi các bộ phận. Nếu thấy có tiếng va kệt hay các hiện tượng không bình thường khác, cần lập tức báo cho nhân viên thao tác đóng kính cánh hướng nước, tiến hành kiểm tra.
- Cho máy phát điện quay ở tốc độ chậm một thời gian để kiểm tra tình hình rò rỉ dầu. Nếu các bộ phận của máy phát điện làm việc bình thường chỉ có thể mở to cánh hướng nước cho tới tốc độ định mức, sau đó kiểm tra lại một lần nữa. Trong quá trình tăng tốc độ cần kiểm tra các bộ phận của tổ máy. Trong quá trình tăng tốc độ cần kiểm tra các bộ phận của tổ máy. Sau khi tốc độ tổ máy đã đạt tới tốc độ định mức, nếu các bộ phận đều làm việc bình thường thì có thể xê dịch nhẹ máy biến trở để tăng điện áp máy phát điện. Trong quá trình tăng điện áp cần kịp thời kiểm tra mức độ cân bằng điện áp giữa các pha. Sau khi điện áp máy phát đạt tới giá trị định mức, nếu các bộ phận đều làm việc bình thường thì có thể đóng máy cắt điện của máy phát để máy phát mang phụ tải, lúc này cần kịp thời điều chỉnh máy điều tốc để điều chỉnh lượng nước qua tuốc bin. Tốt nhất là chỉ để 1/4 hoặc 1/2 phụ tải định mức vận hành một thời gian, để kiểm tra các thiết bị vận hành có phù hợp yêu cầu không. Sau khi toàn bộ thiết bị đều vận hành bình thường thì để máy phát mang đủ phụ tải. Kiểm tra kỹ lại một lần nữa. Trong quá trình thử máy cần ghi lại đầy đủ các kết quả thí nghiệm, và nếu phát hiện có vấn đề cần xử lý kịp thời, khi tất cả đều bình thường thì vận hành chính thức.

8.6. NHỮNG SỰ CỐ GẶP TRONG QUÁ TRÌNH VẬN HÀNH TRẠM THỦY ĐIỆN NHỎ

Do trạm thủy điện có nhiều loại thiết bị khác nhau nên nguyên nhân gây ra sự cố cũng khác nhau. Sau đây đề cập đến một số vấn đề:

1. Xử lý các sự cố thông thường

+ Tổ máy rung động hay âm thanh không bình thường.

- Trước hết kiểm tra nguyên nhân rung động, đối với tuốc bin trực đứng cần kiểm tra xem độ thẳng đứng của trục, kiểm tra tình trạng xê dịch vị trí của dầm đỡ trục chính do hiện tượng lún không đều gây nên. Đối với tuốc bin trục ngang cần kiểm tra độ thẳng bằng của trục chính, khớp nối của trục máy phát có bình thường không, nếu phát hiện có vấn đề, cần tiến hành kiểm tra, điều chỉnh lại cho đến lúc đạt yêu cầu.

- Kiểm tra nhiệt độ ở các ổ trục xem có thiếu dầu hoặc dầu có lẫn tạp chất làm ổ trục bị ma sát cục bộ quá lớn, đồng thời xem dây cu roa có quá căng không, nếu có vấn đề cần kịp thời xử lý.

- Kiểm tra các bu lông chân đế của tuốc bin và máy phát có bị lỏng không?

- Nếu khi vận hành có tiếng động khác thường cần lập tức dừng máy ngay để tìm nguyên nhân. Nếu các tổ máy vận hành song song, thì cần lập tức làm tốt công tác chuẩn bị tách máy dừng máy để kiểm tra.

+ Máy kích từ bị rung động, tiếng động khác thường hoặc chổi than bị cháy.

- Kiểm tra bu lông giá máy kích từ có bị lỏng không.

- Kiểm tra các bu lông chân giá chổi than có bị lỏng không.

- Kiểm tra hiện tượng ma sát của stato và rôto máy kích từ.

- Kiểm tra ổ trục máy kích từ có quá nóng không.

- Kiểm tra chổi than có bốc khói, chủ yếu là kiểm tra:

a) Chổi than đã điều chỉnh đến vị trí chính chưa.

b) Lực nén của lò xo chổi than có quá căng hay quá bé.

c) Khi chổi than bị thanh đỡ kẹp chặt nên: mài bớt mặt tiếp xúc giữa chổi than và thanh đỡ.

d) Khi chổi than quá lỏng hờ phải thay chổi khác.

e) Cần vận chặt bu lông tiếp xúc của chổi than với vật dẫn mềm.

g) Khi bề mặt chổi than hoặc thanh chỉnh lưu bị bẩn cần dùng vải ẩm rửa sạch.

h) Khi chất lượng chổi than khác nhau thì nên đổi để có chất lượng như nhau.

i) Mức độ mài mòn của thanh chỉnh lưu khác nhau làm cho cách điện lỗi ra làm rung động chổi than thì cần mài rửa thanh chỉnh lưu.

k) Do chổi than bốc cháy nghiêm trọng khiến cho mặt thanh chỉnh lưu cháy xém thành màu đen xám thành từng vạch theo thứ tự, có thể là do cuộn dây rôto bị ngắn mạch hay hở mạch, cần dừng máy ngay để sửa chữa.

- Cần tiến hành kiểm tra các nội dung sau đây: Khi nhiệt độ máy phát điện vượt quá trị số cho phép:

a) Kiểm tra hiện tượng tăng nhiệt cục bộ trong máy phát, có thể là do cuộn dây stato bị chạm đất hay bị ngắn mạch cần dừng máy ngay để kiểm tra.

b) Chú ý kim chỉ trên bảng điện, kiểm tra xem máy điện có vận hành quá phụ tải không, nếu có thì nên giảm bớt dòng điện tải ra của máy phát điện.

c) Kiểm tra nhiệt độ trong phòng, nếu nhiệt độ trong phòng quá cao, nên tăng cường thông gió.

- Xử lý sự cố thông thường của bảng điện và cầu chì.

a) Kiểm tra khi kim chỉ các đồng hồ trên bảng điện không ổn định.

- Công suất máy phát nhỏ, phụ tải thường thay đổi khiến cho kim lắc lư không ổn định. Hiện tượng này cho phép trong khi vận hành.

- Nếu các bu lông trong mạch điện mắc đồng hồ tiếp xúc không tốt cũng có thể làm cho kim chỉ không ổn định, có thể dùng các đồng hồ khác hiệu chỉnh xử lý lại.

Tiếp xúc giữa thanh chổi than và thanh chỉnh lưu máy kích từ không tốt hoặc bị rung động lực nén lò xo không đủ đầu nối dây mạch điện kích từ bị hở, mà làm cho kim lắc lư thì phải sửa chữa.

b) Cầu dao mở và cầu chì bị cháy:

- Cầu chì hạt hể do bị sây sát khi lắp ráp, có thể bị cháy trong phạm vi dòng điện cho phép. Sau khi bị cháy lập tức kéo hở cầu dao, cách li ở phía nguồn điện, cần cho kiểm tra trong mạch điện do cầu chì bảo vệ nếu không có hiện tượng bất bình thường khác thì có thể đổi 1 cầu chì khác có công suất như nhau, sau đó tiến hành đóng mạch một lần nữa. Nếu vẫn cháy cầu chì nên cắt nguồn điện ngay, kiểm tra sự cố trong mạch điện được bảo vệ.

- Máy cắt điện của máy phát bị cắt (hoặc cầu chì bị cháy) máy ngắt điện của máy phát bị ngắt điện (hoặc cầu chì bị cháy) phần lớn là do bên ngoài bị ngắn mạch sự cố gây nên. Người trực phải lập tức hạ thấp điện áp máy phát xuống đến không, đồng thời kiểm tra kỹ lưỡng nguyên nhân gây ra sự cố, có phải là vì bản thân, máy phát điện bị sự cố hay dây dẫn ra của máy phát hay ở thành cái bị ngắn mạch. Sau khi kiểm tra xác minh rõ nguyên nhân sự cố và tìm cách xử lý mới cho phép máy phát điện vận hành trở lại.

- Sau khi máy cắt điện cao áp trên đường dây tải điện ngắt mạch (hoặc cầu chì bị cháy) là do số vòng quay và điện áp của máy phát điện vượt quá trị số định mức, lúc này người trực nên lập tức đóng cánh hướng nước và điều chỉnh dòng điện kích từ sao cho điện áp và tần số máy phát điện trở về giá trị bình thường, sau đó đóng máy ngắt điện. Đối với cầu chì thì nên mở cầu dao cách li sau khi đã đổi cầu chì khác mới khôi phục cung cấp điện. Nếu máy cắt vẫn ngắt mạch lần nữa như vậy chứng tỏ vẫn còn sự cố, nên cho người đến kiểm tra đường dây, tìm cách xử lý tốt mới cho phép trở lại cung cấp điện. Phần lớn sự cố đường dây có tính chất tạm thời, do đó sau khi máy cắt điện trên đường dây tải điện ngắt mạch, tiến hành lại một lần đóng mạch cưỡng bức vẫn là một biện pháp có hiệu quả đối với việc giảm bớt ngừng điện cho các hộ dùng điện.

2. Xử lý sự cố khẩn cấp của trạm phát điện:

+ Phải lập tức dừng máy trong những trường hợp sau:

- Tốc độ vận hành dừng đột ngột.

- Ổ trục quá nóng (có thể do thiếu dầu hoặc do dầu kém phẩm chất), dây cuộn chạy lâu ngày bị đứt.

+ Do cách cách điện trong vòng dây stato máy phát hỏng tạo thành ngắn mạch và nối đất giữa các lớp dây, mà gây ra những hiện tượng sau:

- Bên trong máy phát bị bốc khói và chất cách điện bị cháy mùi khét nên mở ngay máy cắt điện, sau đó dùng nước dập tắt lửa.

- Máy phát rung động dữ dội và có tạp âm

- Kim chỉ trên các am pe kế thay đổi đột ngột.

- Điện áp giữa 3 pha không bằng nhau, điện áp pha sự cố hạ thấp, còn điện áp pha không sự cố tăng lên.

- Sai lệch nhiệt độ cửa vào và cửa ra của máy phát quá lớn, đồng thời nhiệt độ tăng cục bộ trong stato.

+ Vòng dây rôto máy phát có hiện tượng hai điểm chạm đất.

- Bên trong máy điện bị bốc khói và chất cách điện bị cháy mùi khét, nên mở ngay máy cắt điện, sau đó dùng nước dập tắt lửa.

- Máy phát rung động dữ dội và tiếng động khác.

- Dòng điện trong máy kích từ thay đổi đột ngột.

- Sai lệch nhiệt độ cửa vào và cửa ra của máy phát quá lớn.

- Chổi than máy kích từ toé lửa dữ dội.

+ Chất cách điện sợi dây cáp ra của máy phát ra hồ quang hoặc cháy khét.

Phương pháp xử lý các sự cố nêu trên như sau:

Trường hợp chỉ vận hành một máy, cần mở ngay máy phát đồng thời tăng cao điện trở từ trường rồi lập tức cho ngừng máy. Nếu hai máy phát đang vận hành song song thì ngoài việc mở ngay máy phát tăng cao điện trở từ trường và lập tức ngừng máy, còn phải tùy tình hình thực tế lúc bấy giờ để giảm nhỏ phụ tải tránh quá tải cho các máy phát khác.

+ Từ dư trong máy kích từ tiêu tan.

Khi máy phát khởi động lần đầu máy ngừng chạy lâu ngày, có thể làm cho từ dư trong máy kích từ bị tiêu tan, không thể tăng điện áp của máy phát, lúc này kim trên ampe kế chỉ số không, có thể dùng nguồn điện bên ngoài để bổ sung thêm từ trường dư, lúc kích từ.

Chú ý: Cực tính phải phù hợp với kí hiệu ghi trên bảng đầu máy kích từ. Dòng điện một chiều bổ sung không được quá dòng điện kích từ định mức của máy kích từ.

+ Sự cố trong mạch điện kích từ của máy phát.

- Máy phát điện mất đi kích từ. Trường hợp trạm phát điện làm việc song song trong lưới điện, máy phát điện không kích từ thì từ máy phát điện đồng bộ biến thành máy phát điện cảm ứng.

Nguyên nhân mất kích từ có thể là do máy kích từ gặp sự cố hoặc mạch điện kích từ bị đứt dây v.v... Lúc này các kim trên đồng hồ chỉ như sau:

- Ampe kế dòng điện một chiều chỉ không hoặc gần bằng không.

- Vôn kế máy phát điện chỉ điện áp hạ thấp.
- Am pe kế máy phát điện dòng điện tăng lên.

Nếu người trực dựa vào kim chỉ trên các đồng hồ này để phán đoán máy phát mất kích từ, thì nên tách nó khỏi hệ thống.

- Hai điểm trong mạch điện kích từ chạm đất, hay có ngắn mạch gián tiếp trong vòng dây rô to, lúc đó cần lập tức mở máy, cắt điện của máy phát, cho vào toàn bộ điện trở từ trường. Hiện tượng sự cố này biểu hiện ở chỗ:

- Dòng điện kích thích tăng lên đột ngột, thanh chỉnh lưu bị tốc lửa.
- Ampe kế máy phát điện chỉ số giảm thấp.
- Máy phát bốc lửa, khi phát hiện thấy nắp máy phát cửa gió ra v.v... có khói loé lửa thì chứng tỏ máy phát bị cháy, cần dừng máy ngay, kịp thời xử lí, tránh cháy lan ra.
- + Những trường hợp sau phải dừng máy sửa chữa khi máy biến áp bị sự cố.
- Máy biến áp phát ra tiếng ùng ùng rất lớn không đều hoặc có tiếng nổ.
- Khi làm việc ở điều kiện làm lạnh bình thường nhiệt độ máy biến áp không bình thường và tăng lên không ngừng.
- Ống dầu, hoặc ống chống nổ bị phụt dầu.
- Dầu bị biến sắc nhiều, trong dầu có chất than và nước v.v...
- Dầu rò rỉ, dầu tụt quá mức quy định.
- Ống lồng bị hư hỏng, nứt nẻ, bị phóng điện.
- Máy biến áp bốc lửa, lúc đó cần cắt ngay nguồn điện. Nếu có dầu bị bốc cháy trên nắp máy biến áp cần mở van đáy để xả hết dầu ra ngoài để mực dầu thấp hơn chỗ bốc lửa. Cháy máy biến áp tốt nhất là dùng bình chữa cháy kiểu phun thành bụi, bắt đắ dĩ mới dùng cát để chữa cháy.

8.7. KIỂM TRA VÀ GHI CHÉP TRONG QUÁ TRÌNH VẬN HÀNH

8.7.1. Công tác chuẩn bị trước khi mở máy

- Kiểm tra kênh dẫn nước, buồng tuốc bin, ống xả nước, cửa cống v.v... có bình thường không. Dọn sạch rác bẩn ở lưới chắn rác, đảm bảo nước chảy thông suốt.
- Kiểm tra và ghi lại mức nước thượng và hạ lưu.
- Kiểm tra tình hình làm trơn ổ trục tuốc bin, xem dầu có đủ không hộp trục có dị vật rơi vào không.
- Kiểm tra máy điều tốc di động có nhẹ nhàng không và có nằm ở vị trí đóng hoàn toàn không.

- Nếu tổ máy truyền động gián tiếp, trước tiên lấy tay quay thử puli tước bin, kiểm tra xem có chỗ bị hỏng không, chỗ nối dây cu roa có chắc chắn không.
- Kiểm tra bu lông và đinh chốt nối tiếp các bộ phận có bị lỏng lẻo không.
- Chổi than máy phát điện phải ở vị trí bình thường trong rô to sạch sẽ và không va chạm với stato, cánh quạt không bị hư hỏng. Dọn sạch trong vòng dây, vòng trượt và thanh chỉnh lưu.
- Kiểm tra kim của tất cả đồng hồ lắp trên bảng điện có chỉ số không, không, các máy cắt ở vị trí mở mạch, điện trở kích từ có phải có giá trị lớn nhất không, cầu dao dập tắt từ có mở không có dây mắc vào bảng điện có bị lỏng và rơi tụt không.
- Có người đang thao tác trên đường dây không.

8.7.2. Thao tác mở máy

1. Mở cửa cống lấy nước, cho nước chảy đầy vào buồng tước bin. Đồng thời mở van xả khí và cửa van đồng hồ áp lực trên buồng xoắn, sau khi nước chảy đầy buồng xoắn sẽ đóng kín van xả khí.
2. Mở cánh hướng nước cho máy quay đến tốc độ định mức. Kiểm tra xem vòng chống thấm của ổ trục có rò rỉ nước không. Trục có rung động và các bộ phận khác có bình thường không.
3. Tiến hành hoà điện máy phát điện (nếu 2 tổ máy trở lên).
4. Tiếp tục tăng dần phụ tải, tiếp tục điều chỉnh máy điều tốc và máy biến trở từ trường sao cho điện áp và tần số luôn giữ ở trị số định mức.

8.7.3. Các hạng mục kiểm tra khi vận hành

- Khi máy chạy người trực không được rời khỏi cương vị công tác hay làm việc khác.
- Người trực luôn chú ý đến an toàn, cấm tùy tiện đứng gần bộ phận quay.
- Chú ý nghe tiếng máy chạy có bình thường không, có bị rung động hay cháy khét không. Theo dõi tốc độ tổ máy luôn ở trị số định mức.
- Luôn chú ý nhiệt độ ổ trục bất kì tình huống nào cũng không được vượt quá quy định của xưởng chế tạo (nói chung nhiệt độ của bạc trục không quá 45°C trục ổ bi không được nóng quá 60°C, nước trong ống làm nguội ổ trục phải chảy thông suốt, không được ngừng chảy).
- Nhiệt độ trong stato máy phát điện không được vượt quá nhiệt độ ghi trên nhãn hiệu máy, nếu không có nhãn hiệu thì không được vượt quá 60°C.
- Chú ý thanh chỉnh lưu, chổi than không cho phép lửa loé trên bộ phận hay toàn bộ vòng trượt cũng không có lửa.
- Luôn chú ý tình hình thay đổi của các đồng hồ trên bảng điện, khi vận hành bình thường cần phù hợp quy định sau:

- Phạm vi xê dịch của vôn kế là + 5% giá trị định mức trong phạm vi này cho phép vận hành liên tục đủ phụ tải. Khi điện áp hạ xuống dưới 95% giá trị định mức, thì dòng điện trong stato không vượt quá 105% giá trị định mức. Điện áp vận hành thống nhất của máy phát điện nói chung không thấp hơn 90% trị số định mức.

- Trong trường hợp vận hành bình thường điện áp lớn nhất không quá 110% trị số định mức.

- Chỉ vận hành đủ phụ tải khi sai số dòng điện giữa các pha không quá 20% giá trị định mức, nhưng không cho phép dòng điện bất kì mỗi pha nào trong stato vượt quá trị số định mức.

- Nói chung nên giữ cho điện áp các pha không thấp hơn trị số định mức, dòng điện 3 pha cân bằng.

- Trong thời kì vận hành người trực nên theo thời gian quy định ghi lại các thông số vận hành (cứ cách 2 - 3 giờ ghi một lần) kết quả ghi theo mẫu biểu.

- Đối với máy biến áp đang vận hành, nên tiến hành kiểm tra bên ngoài, nội dung kiểm tra như sau:

- Kiểm tra màu sắc dầu trong hộp dầu máy biến áp, độ cao mức dầu, tình hình rò rỉ, độ nhiệt của dầu có bình thường không.

- Ống lồng máy biến áp có sạch sẽ, có bị rạn nứt, dấu vết phóng điện và các hiện tượng khác không.

- Máy biến áp có tiếng động lớn khác thường không.

- Thiết bị làm nguội làm việc có bình thường không.

8.7.4. Thao tác ngừng máy

1. Ghi chép trước khi ngừng máy.

2. Đóng dần cánh hướng nước, đồng thời tăng điện trở kích thích từ, khi phụ tải tổ máy giảm toàn bộ thì mở máy cắt điện của máy phát, đóng kín cánh hướng nước, tổ máy ngừng chạy.

3. Mở tất cả các cầu dao trên bảng điện.

4. Kiểm tra các bộ phận cơ khí và các đồng hồ quét sạch bụi. Về mùa đông máy ngừng chạy lâu ngày, nên tháo hết nước trong buồng xoắn.

5. Nếu tổ máy dừng chạy lâu ngày hay cánh hướng nước đóng không kín, nước rò quá nhiều, không thể dừng máy, nên đóng cửa cống ở cửa hướng nước.

Biểu 16.2. Ghi tình hình vận hành của trạm

Ca thứ..... từ..... giờ..... đến..... giờ..... ngày..... tháng..... năm

Mức nước thượng lưu (M)	Mức nước hạ lưu (M)	Máy phát điện			Tần số	Dòng điện kích từ (A)	Độ nhiệt các bộ phận				Bị chú (nếu có lấy đồng hồ hệ số cosφ, hay đồng hồ công suất thì ghi chép kết quả đó lại)
		Công suất (kW)	Điện áp (V)	Dòng điện (A)			Trong nhà	Stato	Ổ trục tựa	Ổ trục đỡ	

8.8. SỬA CHỮA, BẢO DƯỠNG VÀ QUẢN LÝ TRẠM THUY ĐIỆN NHỎ

8.8.1. Tuốc bin

Mỗi năm phải tháo rơ to tuốc bin ra kiểm tra toàn bộ một lần, nếu có hiện tượng xâm thực nên kịp thời hàn bổ sung thêm. Tuốc bin mới vận hành sau khi chạy được một nửa năm cần kiểm tra bánh xe công tác 1 lần, xem có xâm thực không. Nếu phát hiện có hiện tượng xâm thực nghiêm trọng thì dùng que hàn bằng thép không rỉ để hàn đắp vào chỗ bị xâm thực. Nếu không có que hàn bằng thép không rỉ thì có thể dùng que hàn bằng thép nhiều các bon. Trước khi hàn phải bạt đi chỗ bị xâm thực, sau đó hàn đắp thêm, rồi dùng máy mài để mài bóng.

Ổ trục tuốc bin là nơi ta phải kiểm tra, các tổ máy loại nhỏ thường có 2 ổ trục: ổ trục đỡ và ổ trục tựa. Ổ trục cần có đủ lượng dầu làm trơn và phải giữ cho thật sạch sẽ, để phòng bụi và vụn sắt rơi vào trong ổ trục. Khi sửa chữa cần chú ý giữ cho bề mặt bạc bóng nhẵn không bị va chạm mạnh khi kiểm tra ổ trục, chú ý tình hình mài bóng bề mặt bạc. Nếu có chỗ bị xây xát phải gọt sửa. Sửa chữa xong, trước tiên quét sạch cả hộp trục, sau đó lắp bạc trục vào. Nên dựa vào quy cách của xưởng chế tạo kịp thời thay dầu dùng trong ổ trục.

Đối với cánh hướng nước của tuốc bin, sau một thời gian vận hành, khe hở sẽ tăng lên, làm cho tổn thất nước nhiều. Lúc đó cần dỡ ra sửa chữa, cũng như quy trình lắp ráp, sau khi điều chỉnh thích hợp khe hở giữa các cánh hướng nước, sau đó nối liền và cố định tay quay, thanh nối và vòng điều khiển. Thao tác cơ cấu điều tốc kiểm tra xem quay có nhẹ nhàng không. Các bộ phận khác như ống hút nước và pu-li có thể 1 năm sửa chữa 1 lần. Mỗi lần đóng máy đều nên kiểm tra kỹ dây cua roa có chỗ nào bị rạn nứt không. Nếu có rạn nứt cần sửa chữa xong mới sử dụng, tránh nguy hiểm.

8.8.2. Máy phát điện

Thường ngày nên giữ sạch sẽ, trước khi vận hành nên quét sạch bụi trên thanh chỉnh lưu và vòng trượt. Trước khi vận hành dùng vôn kế quay 500V hay 1000V đo điện trở cách điện của stato, phù hợp với giá trị quy định:

- Giữa cuộn dây stato máy phát với vỏ máy không bé hơn $1\text{m}\Omega$ (1 triệu ôm).
- Giữa cuộn dây rôto máy kích từ với vỏ máy không thấp hơn $0,5\text{M}\Omega$
- Cuộn dây stato máy kích từ với vỏ máy không thấp hơn $1\text{m}\Omega$
- Cuộn dây rôto máy kích từ với vỏ máy không bé hơn $0,5\text{M}\Omega$
- Mạch điện xoay chiều trên bảng điện với đất không được bé hơn $1\text{m}\Omega$
- Mạch điện 1 chiều trên bảng điện với đất không được bé hơn $1\text{m}\Omega$.

Mỗi năm tháo dỡ rôto máy phát để dọn sạch bên trong máy, đồng thời tiến hành dọn sạch và thay dầu ở hai ổ trục. Khi mức cách điện của máy phát thấp hơn các trị số trên, cần

tiến hành sấy khô, phải đem dây trung hoà và vỏ ngoài nối với đất. Trong bất kì mùa nào điện trở tiếp đất không được lớn hơn trị số thiết kế quy định.

Khi vận hành cần chú ý tình hình phát nhiệt của máy phát và bảng điện.

8.8.3. Máy biến áp

Khi kiểm tra máy biến áp phải đo điện trở cách điện của nó rồi đem so sánh trị số đo được với trị số điện trở khi, lắp máy để phán đoán trạng thái cách điện của máy biến áp xem có cần sấy khô không.

8.8.4. Quản lí trạm thuỷ điện

Bao gồm các công tác kiểm tra bảo quản và sửa chữa trạm. Định kì kiểm tra các bộ phận thuỷ công, thiết bị điện cơ của nhà máy để phát hiện các sự cố, kịp thời sửa chữa.

Trong thời gian trạm nghỉ dài hạn (khoảng 2 - 3 tuần), đối với trạm cột nước cao có ống dẫn độc lập, phải đóng cửa van ở bể áp lực và trước tuốc bin. Ống áp lực tháo cạn nước. Ở các trạm cột nước thấp phải đóng cửa van và tháo cạn nước trong buồng tuốc bin. Bộ phận hướng nước của tuốc bin phải đóng. Để các ổ trục của tuốc bin và máy điều tốc không han rỉ, phải cho tuốc bin chạy trong thời gian ngắn. Nếu không thể cho chạy được phải làm quay cánh hướng nước bằng máy điều tốc quay tay.

Trong thời gian trạm nghỉ ít ngày thì đối với trạm cột nước cao, ống dẫn phải để đầy nước, cửa van trước tuốc bin đóng, buồng xoắn cạn nước, bộ phận hướng nước đóng. Ở trạm cột nước thấp buồng tuốc bin có thể để đầy nước.

Để tiện cho sửa chữa, các thiết bị như tuốc bin phải có phụ tùng dự trữ. Mức độ dự trữ tùy theo điều kiện làm việc của nó. Chẳng hạn phù sa nhiều gây ra bào mòn tuốc bin nhanh, số lượng dự trữ phải nhiều. Các chi tiết của máy điều tốc, dụng cụ và phụ tùng sửa chữa, dầu nhờn... cũng phải có kế hoạch dự trữ. Công tác sửa chữa có thể phân ra làm 2 loại: sửa chữa thường xuyên và tổng sửa chữa. Tổng sửa chữa khoảng 2 - 5 năm một lần, còn sửa chữa thường xuyên có thể 1 - 2 lần trong năm. Khối lượng sửa chữa dự tính trên cơ sở của những lần thử thiết bị và dựa vào kết quả lần sửa chữa trước và những lần kiểm tra đặc biệt.

Đối với phần điện cũng phải định kì kiểm tra các đồng hồ đo, các ổ trục máy phát, chổi than... Định kì kiểm tra các chỗ nối dây, chỗ cách điện, điện trở tiếp địa của trạm có phù hợp với yêu cầu không. Đường dây mỗi tháng kiểm tra 2 lần, gió bão bất thường phải kiểm tra đặc biệt. Kiểm tra dây dẫn, dây néo, tiếp địa các chỗ tiếp xúc xem có bình thường không. Mỗi năm kiểm tra cột điện 2 lần xem hư hỏng thế nào, nếu hỏng quá 30% đường kính cột thì phải thay. Muốn làm việc trên đường dây nhất thiết phải cắt điện. Khi có người trèo lên cột làm việc phải có tiếp địa tạm thời.

TÀI LIỆU THAM KHẢO CHÍNH

1. Nguyễn Duy Thiện - Nguyễn Duy Hạnh. *Khảo sát và Thiết kế trạm thủy điện nhỏ*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 1971.
2. *Thiết kế định hình*. Viện thiết kế TLTD Bộ Thủy lợi - 1996.
3. Phạm Văn Khiết dịch. F. F. Võ rôn sốp. *Chọn tiết diện dây dẫn và cáp hạ áp*. Nhà xuất bản Công nghiệp 1965.
4. *Trạm Thủy điện nông thôn*. Nhà xuất bản Bắc Kinh 1965.
5. .И. П. Михайлов. *Малая Гидроэнергетика* Москва энергоатомиздат 1989.
6. В. И. Громов. *Сельские гидроэлектростанции* Сельхозгиз 1956.
7. *Small scale water power* - Mc Guigan - 1979.
8. Hamm Hans W - *Low cost development of small water power sites* - Maryland 1981.
9. ESCAP - *Small hydropower development* - Vol 4 - 1982.
10. Iversin Allen R - *Micro - hydropower source book* 1989.
11. *Les microcentrales hydroelectriques* - Masson - 1981.
12. Jean - Bernard - *Microcentrales hydrauliques* - 1987.

MỤC LỤC

Trang

Lời nói đầu

Chương 1. Các phương thức khai thác thủy năng và điều tra cơ bản

1.1. Công suất dòng nước và công suất của trạm	7
1.2. Các sơ đồ bố trí trạm thủy điện nhỏ	8
1.3. Một số chỉ tiêu kinh tế khi xây dựng trạm thủy điện	13
1.4. Các trị số đặc trưng cho sự làm việc của trạm thủy điện	15
1.5. Nguyên tắc chọn phương thức khai thác thủy năng và phương án bố trí trạm thủy điện nhỏ	18
1.6. Công tác điều tra cơ bản	20

Chương 2. Chọn các thông số cơ bản cho trạm thủy điện nhỏ

2.1. Tính toán thủy năng - thủy lợi lấy tưới làm chính kết hợp phát điện	33
2.2. Tính toán thủy năng cho trạm thủy điện điều tiết ngày	49
2.3. Tính toán thủy năng cho trạm thủy điện không điều tiết	56

Chương 3. Các công trình thủy công của trạm thủy điện nhỏ

3.1. Công trình đầu mối	57
3.2. Kênh dẫn nước của trạm thủy điện nhỏ	64
3.3. Máng dẫn	72
3.4. Bể áp lực.	73
3.5. Đường ống dẫn nước vào tuốcbin	81
3.6. Kết cấu và tính ống dẫn bằng kim loại	94
3.7. Đường ống bằng bê tông cốt thép	115

Chương 4. Thiết bị cơ điện của trạm thủy điện nhỏ

4.1. Những thông số cơ bản của tuốcbin	118
4.2. Tuốcbin xung kích	121
4.3. Tuốcbin phản kích	127
4.4. Chọn tuốcbin cho trạm thủy điện nhỏ	141
4.5. Các thiết bị phụ trợ trong trạm thủy điện nhỏ	144

4.6. Nối tuốcbin với máy phát điện	147
4.7. Máy phát điện và máy biến áp	151
4.8. Các thiết bị của công trình phân phối điện và trạm biến áp	155
4.9. Sơ đồ nối dây và mạng điện	161
Chương 5. Nhà máy của trạm thủy điện nhỏ	
5.1. Bố trí nhà máy	173
5.2. Tính toán kết cấu nhà máy	185
5.3. Tính toán ổn định nhà máy	203
Chương 6. Bố trí thiết bị điện trong trạm thủy điện nhỏ	
6.1. Nguyên tắc bố trí thiết bị điện	208
6.2. Bố trí thiết bị điện đặt trong nhà	209
6.3. Bố trí trạm biến áp	216
6.4. Chống sét cho trạm thủy điện	221
6.5. Phân loại tiếp địa	225
6.6. Hệ thống chiếu sáng trong trạm thủy điện	231
Chương 7. Thi công các công trình thủy công	
7.1. Giới thiệu chung	234
7.2. Dẫn dòng thi công	236
7.3. Phương pháp thi công	242
7.4. Kế hoạch tiến độ thi công và bố trí mặt bằng	258
7.5. Tính vốn đầu tư của công trình	265
Chương 8. Lắp ráp các thiết bị cơ điện và khai thác trạm thủy điện nhỏ	
8.1. Tổ chức công tác lắp ráp	268
8.2. Lắp ráp tuốcbin	269
8.3. Lắp ráp máy phát điện thủy lực	279
8.4. Lắp máy điều tốc tự động	281
8.5. Chạy thử máy của trạm thủy điện nhỏ	282
8.6. Những sự cố gặp trong quá trình vận hành trạm thủy điện nhỏ	284
8.7. Kiểm tra và ghi chép trong quá trình vận hành	288
8.8. Sửa chữa, bảo dưỡng và quản lí trạm thủy điện nhỏ	291
Tài liệu tham khảo	293
	295

THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG TRẠM THỦY ĐIỆN NHỎ

(Tái bản)

Chịu trách nhiệm xuất bản:

BÙI HỮU HẠNH

<i>Biên tập:</i>	LUƠNG XUÂN HỘI
	LÊ TRẦN CHUÔNG
<i>Chế bản:</i>	PHẠM HỒNG LÊ
<i>Sửa bản in:</i>	ĐINH BẢO HẠNH
<i>Trình bày bìa:</i>	NGUYỄN HỮU TÙNG

In 300 cuốn khổ 19 × 27cm, tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 931/XB-QLXB-01, ngày 20/8/2002. In xong nộp lưu chiểu tháng 6 - 2003.

6C2.2	931 - 2002
XD- 2003	

Giá : 48.000^d