

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG KẾT HỢP HÀM GOM NƯỚC BỔ SUNG LÀM THÁP ĐIỀU ÁP CỦA TRẠM THỦY ĐIỆN

Nguyễn Văn Nghĩa

Trường Đại học Thủy lợi

Nguyễn Thế Tiến, Bùi Mạnh Bằng

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Nguyễn Văn Chính

Trường Đại học Điện lực

Tóm tắt: Tháp điều áp là một công trình trong tuyến năng lượng các công trình thủy điện đường dẫn có áp, tháp điều áp là một trong các giải pháp công trình được sử dụng để giảm áp lực nước va trong đường ống áp lực hoặc hàm áp lực. Đối với một số công trình, sử dụng hàm để gom nước (hàm gom nước) từ các nhánh suối bổ sung cho tuyến đập chính nhằm tăng khả năng phát điện đang được sử dụng rộng rãi. Kết hợp hàm gom nước làm tháp điều áp mang lại hiệu quả về mặt kinh tế và môi trường rõ rệt, do đó việc tính toán xác định kích thước hợp lý của hàm gom nước để đảm bảo vai trò như tháp điều áp là vấn đề quan trọng.

Từ khóa: Trạm thủy điện, tháp điều áp, hàm gom nước, kinh tế, môi trường.

Summary: Surge tank is a construction in an energy line of a diversion hydropower with penstock or tunnel, surge tank in one of construction solutions used to decrease the water hammer in penstock or tunnel. For some project, using a tunnel to collect water (water collection tunnel) from the stream branches to supplement the main dam line to increase electricity generation capacity is being widely used. Combining a water collection tunnel as a surge tank brings obvious economic and environmental benefits, therefore, calculating and determining the appropriate size of the water collection tank to ensure its role as a surge tank is an important issue.

Keywords: Hydroelectric plant, surge tank, water collection tunnel, economic, environment.

1. GIỚI THIỆU

Thủy điện là một dạng năng lượng xanh, giá rẻ và thân thiện với môi trường, lượng phát thải CO₂ của thủy điện chỉ hơn năng lượng gió chút ít, nhỏ hơn rất nhiều các dạng năng lượng khác. Do vậy, để thực hiện cam kết của chính phủ, việc ưu tiên phát triển các dạng năng lượng xanh là cần thiết. Hiện nay thủy điện nhỏ được đầu tư xây dựng ở khắp các vùng miền tổ quốc, trong số các dạng công trình thủy điện nhỏ thì phần lớn là thủy điện kiểu

đường dẫn có áp (sử dụng hàm dẫn nước có áp). Đối với các thủy điện này, chủ yếu có hồ điều tiết ngắn hạn có khả năng điều tiết hạn chế, chủ yếu phát điện vào khung giờ cao điểm của biểu đồ phụ tải ngày đêm, các thủy điện này có diện tích ngập lụt lòng hồ ít, việc di dân tái định cư giảm thiểu đáng kể. Trong số các trạm thủy điện này, ngoài việc sử dụng nước từ suối chính được ngăn bởi tuyến đập chính, còn sử dụng các đập phụ và công trình gom nước để bổ sung cho đập chính hoặc bổ sung trực tiếp trên tuyến năng lượng. Trong số các công trình gom nước, có thể sử dụng kênh hở, kênh có áp, đường ống áp lực, đường hàm áp lực để chuyển nước. Trường hợp hàm gom

Ngày nhận bài: 17/01/2024

Ngày thông qua phản biện: 06/02/2024

Ngày duyệt đăng: 21/02/2024

nước không cách phù hợp, việc kết hợp hàm gom nước làm tháp điều áp (TĐA) cần được cân nhắc sử dụng bởi các ưu điểm của nó như giảm đền bù giải phóng mặt bằng, giảm chi phí xây dựng.

2. MÔ HÌNH BÀI TOÁN

2.1. Tính toán dao động mực nước trong TĐA

Mục đích của bước này là để xác định ra mực nước cao nhất, thấp nhất cũng như dao động mực nước trong TĐA trong các trường hợp

chuyển tiếp khác nhau. Để không làm sai lệch kết quả tính toán mà vẫn đảm bảo kết quả tính toán có độ tin cậy, trong bài báo này đi tính toán ứng với hai tổ hợp hợp: cắt tải toàn bộ nhà máy để xác định mực nước cao nhất trong TĐA và tăng tải tổ máy cuối cùng để xác định mực nước thấp nhất trong TĐA.

Xét sơ đồ bài toán dao động mực nước như trong Hình 1 với hai tổ hợp tính toán: cắt tải toàn bộ và tăng tải tổ máy cuối cùng.



Hình 1: Sơ đồ minh họa hàm gom kết hợp tháp điều áp

- Tổ hợp cắt tải: Khi cắt tải đột ngột, lưu lượng qua tuabin giảm từ Q_0 đến Q_t . Do quán tính của dòng chảy, lưu lượng vào đường hàm dẫn nước vẫn là Q_0 , như vậy sẽ có một trị số lưu lượng $\Delta Q = Q_0 - Q_t$ dồn vào TĐA, làm cho mực nước trong TĐA dâng lên dần, từ đó chênh lệch mực nước giữa thượng lưu (tại hồ chứa) và trong TĐA giảm dần. Nhưng do quán

tính của dòng chảy, mực nước trong TĐA không ngừng ở mực nước tương ứng với lưu lượng Q_t trong đường hàm mà vẫn tiếp tục dâng lên thậm chí cao hơn cả mực nước cân bằng với mực nước thượng lưu. Sau đó, để cân bằng về mặt thủy lực, nước phải chảy ngược trở lại về thượng lưu, mực nước trong TĐA hạ xuống. Nhưng cũng do quán tính mực nước

trong TĐA lại hạ xuống quá mức cân bằng và dòng chảy lại phải chảy vào tháp. Cứ như vậy mực nước trong TĐA dao động theo chu kỳ và tắt dần do ma sát của công trình dẫn nước và TĐA. Cuối cùng mực nước trong TĐA dừng ở mực nước ổn định mới ứng với lưu lượng Q_t .

- Tổ hợp tăng tải: Khi lưu lượng qua tuabin tăng đột ngột mực nước trong TĐA hạ xuống đến trị số Z_{\min} và cũng dao động tắt dần ngược lại với trường hợp cắt tải.

Để xác định dao động mực nước trong TĐA, hai phương trình cơ bản được sử dụng gồm phương trình động lượng và phương trình cân bằng lưu lượng.

$$\Delta Q = \Delta t \cdot \frac{g \cdot F_h}{L_h} \cdot (Z - h_w) \quad (1)$$

$$\Delta Z = \Delta t \cdot \frac{1}{F_{tda}} \cdot (Q_c^{TD} - Q_d) \quad (2)$$

Trong đó:

+ g : Là gia tốc trọng trường, lấy $g = 9,81$ (m/s²)

+ F_h : Diện tích đường hầm trước TĐA;

+ L_h : Chiều dài đường hầm trước TĐA;

+ F_{tda} : Diện tích TĐA;

+ Z : Biên độ dao động mực nước trong TĐA;

+ Δt : Bước giờ than tính toán; chọn

$$\Delta t = \frac{T}{25} \div \frac{T}{50};$$

$$\text{Chu kỳ dao động } T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L_h \cdot F_{tda}}{g \cdot F_h}} \text{ (s)}$$

+ Tần số giao động của mực nước trong tháp

$$\omega_n = \frac{2\pi}{T} \text{ (rad/s)}$$

+ h_w : Tổng thất cột nước trong đường hầm và TĐA; $h_w = h_{wo} + h_{tda}$

Trong đó:

+ h_{wo} : Là tổn thất đường dẫn trước TĐA;

$$h_{wo} = h_{cIn} + h_d + h_c + h_v$$

+ h_{cIn} : Là tổn thất cục bộ tại cửa lấy nước;

$$h_{cIn} = \xi_{cIn} \cdot \frac{Q \cdot |Q|}{2 \cdot g \cdot F_{cIn}^2}$$

+ h_{tda} : Là tổn thất cột nước chảy vào và ra khỏi

TĐA; $h_{tda} = \xi_{tda} \cdot \frac{Q \cdot |Q|}{2 \cdot g \cdot F_{tda}^2}$, giá trị này phụ thuộc vào kích thước họng cân.

+ h_d : Là tổn thất ma sát dọc đường dẫn;

$$h_d = \lambda \cdot \frac{L_h}{d_h} \cdot \frac{Q_d \cdot |Q_d|}{2 \cdot g \cdot F_h^2}$$

+ h_c : Là tổn thất cục bộ tại đường dẫn;

$$h_c = \xi_c \cdot \frac{Q \cdot |Q|}{2 \cdot g \cdot F_h^2}$$

+ h_v : Là tổn thất cột nước lưu tốc trên đường

$$\text{dẫn; } h_v = \frac{Q \cdot |Q|}{2 \cdot g \cdot F_h^2}$$

❖ Tổ hợp cắt tải (xác định mực nước cao nhất trong tháp điều áp).

- Mực nước trong hồ ở MNDBT, ngắt đột ngột toàn bộ phụ tải, coi mực nước ban đầu trong TĐA bằng MNDBT ở thượng lưu.

- Giả sử cắt tải toàn bộ: Có $Q_c^{TD} = 0$

- Thay $Q_c^{TD} = 0$ vào phương trình (2) ta được hệ phương trình sai phân trong trường hợp TĐĐ đóng tức thời hoàn toàn:

$$\Delta Q_d = \Delta t \cdot \frac{g \cdot F_h}{L_h} \cdot (Z - h_w) \quad (3)$$

$$\Delta Z = - \Delta t \cdot \frac{1}{F_{tda}} \cdot (Q_d) \quad (4)$$

Khai triển hai phương trình (3) và (4) xác định được:

$$Q_{d,t+1} = Q_{d,t} + \Delta t \cdot \frac{g \cdot F_h}{L_h} \cdot (Z_{t+1} - h_{w,t+1}) \quad (5)$$

$$Z_{t+1} = Z_t - \Delta t \cdot \frac{Q_{d,t+1}}{F_{tda}} \quad (6)$$

❖ Tổ hợp tăng tải (xác định mực nước thấp nhất trong tháp điều áp).

- Mức nước trong hồ ở MNC, tổ máy thứ n-1 đang làm việc với công suất định mức thì tăng tải tổ máy n từ không lên đến công suất định mức, có tính đến tổn thất cột nước từ thượng lưu đến TĐA, mức nước ban đầu trong tháp điều áp thấp hơn mức nước thượng lưu một đoạn là h_{w0} (m)

- Giả sử tăng tải toàn bộ: Có $Q_c^{TD} = Q_{max}^{TD}$

- Thay $Q_c^{TD} = Q_{max}^{TD}$ vào phương trình (2) được hệ phương trình sai phân trong trường hợp TTD tăng tải tức thời.

$$\Delta Q_d = \Delta t \cdot \frac{g \cdot F_h}{L_h} \cdot (Z - h_w) \quad (7)$$

$$\Delta Z = -\Delta t \cdot \frac{1}{F_{tda}} \cdot (Q_c^{TD} - Q_d) \quad (8)$$

Khai triển hai phương trình (7) và (8) xác định được:

$$Q_{d,t+1} = Q_{d,t} + \Delta t \cdot \frac{g \cdot F_h}{L_h} \cdot (Z_{t+1} - h_{w,t+1}) \quad (9)$$

$$Z_{t+1} = Z_t + \Delta t \cdot \frac{1}{F_{tda}} \cdot (Q_{max}^{TD} - Q_{d,t+1}) \quad (10)$$

Lập bảng tính toán trên bảng tính để tính thử dần: giả thiết Z_t^{gt} tính Q_t và h_w , sau đó gán Z_t^{gt} cho Z_t^{tt} đến khi $Z_t^{tt} = Z_t^{gt}$ thì dừng lại.

2.2. Lựa chọn kích thước hợp lý của TĐA (hầm gom)

Ở đây, kích thước cần đưa ra so sánh lựa chọn gồm kích thước đường kính TĐA và đường kính hầm gom.

Trường hợp đường kính TĐA nhỏ thì chiều cao tháp phải lớn, đồng nghĩa với việc phải kéo dài hầm gom về phía thượng lưu hoặc phải làm đập phụ cao lên. Ngược lại nếu chọn đường kính TĐA lớn thì sẽ làm giảm chiều cao của TĐA.

Mục tiêu là lựa chọn được kích thước hợp lý của TĐA và hầm gom để đảm bảo chi phí xây dựng là nhỏ nhất. Như vậy ở đây, chỉ cần so sánh chi phí xây dựng TĐA (gồm gom) để đảm bảo tổng chi phí vào tuyến năng lượng là nhỏ nhất vì các hạng mục khác không thay đổi.

3. ÁP DỤNG TÍNH TOÁN CHO THỦY ĐIỆN NẬM CẦU THƯỢNG

3.1. Giới thiệu về công trình

Dự án thủy điện Nậm Cầu Thượng dự kiến xây dựng trên Hệ thống suối Nậm Cầu, là nhánh cấp I bờ phải của sông Nậm Bum, sông Nậm Bum là nhánh cấp I bờ trái của sông Đà. Dự án thủy điện Nậm Cầu Thượng bao gồm các tuyến đập và nhà máy trên suối chính Nậm Cầu thuộc địa phận xã Pa Vệ Sừ, huyện Mường Tè, tỉnh Lai Châu.

Sơ đồ khai thác gồm: Đập - tuyến năng lượng (cửa lấy nước, hầm áp lực, tháp điều áp kết hợp hầm gom nước, giếng đứng, hầm) - nhà máy thủy điện sau đó xả nước ra suối Nậm Cầu.

Các thông số hồ chứa và thông số năng lượng của nhà máy gồm:

Bảng 1: Thông số đầu vào phục vụ tính toán

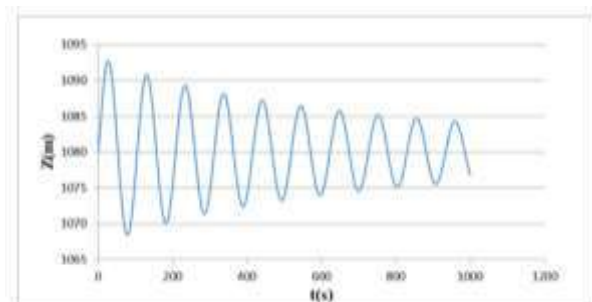
TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Mức nước dâng bình thường, MNDBT	m	1080
2	Mức nước chết, MNC	m	1076
3	Công suất lắp máy, N_{lm}	MW	8
4	Số tổ máy	-	2
5	Loại tuabin		Francis

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
6	Lưu lượng lớn nhất, Q_{\max}	m^3/s	8,1
7	Cột nước lớn nhất, H_{\max}	m	133,1
8	Cột nước tính toán, H_{tt}	m	116,41
9	Cột nước nhỏ nhất, H_{\min}	m	113,41
10	Chiều dài đường hầm trước tháp điều áp, L_h	m	1574,34
11	Cao độ đỉnh hầm tại vị trí đặt TĐA	m	1056,24

3.2. Kết quả tính toán

a. Tính toán mực nước cao nhất trong TĐA: Tổ hợp cắt tải đột ngột 2 tổ máy

Giả sử nhà máy đang vận hành 2 tổ máy đầy tải với công suất $N_{lm} = 8\text{MW}$, cắt tải đột ngột, lưu lượng nhà máy từ $Q^{TD} = Q_{\max} = 8,1 \text{ m}^3/\text{s}$ về $0\text{m}^3/\text{s}$. Kết quả tính toán dao động mực nước trong tháp điều áp cho trường hợp đường kính TĐA $D_{th} = 3,6\text{m}$ và đường kính họng cản $D_{hc} = 2,0\text{m}$ được thể hiện như hình 2, bảng tổng hợp kết quả tính toán các trường hợp được thể hiện trong Bảng 2.

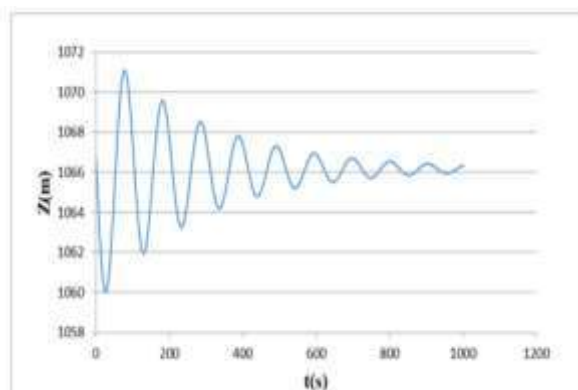


Hình 2: Dao động mực nước cao nhất trong TĐA – Tổ hợp cắt tải (Đường kính TĐA 3,6m; đường kính họng cản 2,0m; bỏ qua tổn thất trong hầm)

b. Tính toán mực nước thấp nhất trong TĐA: Tổ hợp tăng tải tổ máy số 2

Giả sử nhà máy đang vận hành đầy tải tổ máy số 1, tăng tải tổ máy số 2 từ không tải đến đầy tải, như vậy lưu lượng qua nhà máy Q^{TD} sẽ thay đổi từ $4,05\text{m}^3/\text{s}$ đến $8,1\text{m}^3/\text{s}$. Kết quả tính toán

dao động mực nước trong tháp điều áp cho trường hợp đường kính TĐA $D_{th} = 3,6\text{m}$ và đường kính họng cản $D_{hc} = 2,0\text{m}$ được thể hiện như hình 3, bảng tổng hợp kết quả tính toán các trường hợp được thể hiện trong Bảng 2.



Hình 3: Dao động mực nước thấp nhất trong TĐA – Tổ hợp tăng tải (Đường kính TĐA 3,6m; đường kính họng cản 2,0m; có xét tổn thất trong hầm)

Bảng tổng hợp kết quả tính toán các trường hợp đường kính tháp điều áp và đường kính họng cản được thể hiện trong bảng 2, ở đây khi tính toán dao động mực nước cao nhất trong TĐA bỏ qua tổn thất cột nước đoạn hầm trước TĐA.

Tuy nhiên, thực tế vận hành luôn có tổn thất, với lưu lượng $8,1\text{m}^3/\text{s}$ thì tổn thất cột nước đoạn hầm trước TĐA là $7,96\text{m}$. Như vậy kết quả thực tế của Z_{\max} được thể hiện ở bảng 3.

**Bảng 2: Tổng hợp kết quả tính toán dao động mực nước trong TĐA
(Cắt tải, bỏ qua tổn thất cột nước)**

Thông số	Đơn vị	Cắt tải	Tăng tải	Cắt tải	Tăng tải	Cắt tải	Tăng tải	Cắt tải	Tăng tải	Cắt tải	Tăng tải
Đường kính TĐA, D_{th}	m	3,6	3,6	3,8	3,8	3,8	3,8	4	4	4	4
Đường kính họng cản, D_{hc}	m	2	2	2	2	2,2	2,2	2	2	2,5	2,5
Mức nước cao nhất, Z_{max}	m	1092,6 7	1071,10	1091,9 4	1070,76	1091,9 4	1070,76	1091,3 7	1070,48	1091,3 8	1070,49
Vận tốc nước trong tháp	m/s	0,80		0,71		0,71		0,64		0,64	
Độ phóng xa so với đỉnh tháp	m	9,71		7,44		7,44		8,41		8,42	
Mức nước thấp nhất, Z_{min}	m	1068,4 7	1060,04	1069,2 2	1060,41	1069,1 4	1060,41	1069,8 3	1060,70	1069,6 9	1060,70
Cao độ đỉnh hầm	m	1056,2 4	1056,24	1056,2 4	1056,24	1056,2 4	1056,24	1056,2 4	1056,24	1056,2 4	1056,24

**Bảng 3: Tổng hợp kết quả tính toán dao động mực nước trong TĐA
(Cắt tải, có xét tổn thất cột nước)**

Thông số	Đơn vị	Cắt tải	Tăng tải	Cắt tải	Tăng tải	Cắt tải	Tăng tải	Cắt tải	Tăng tải	Cắt tải	Tăng tải
Đường kính TĐA, D_{th}	m	3,6	3,6	3,8	3,8	3,8	3,8	4	4	4	4
Đường kính họng cản, D_{hc}	m	2	2	2	2	2,2	2,2	2	2	2,5	2,5
Mức nước dâng tại TĐA		1072,0 4	1072,04	1072,0 4	1072,04	1072,0 4	1072,04	1072,0 4	1072,04	1072,0 4	1072,04
Mức nước cao nhất, Z_{max}	m	1084,7 1	1063,14	1083,9 8	1062,80	1083,9 8	1062,80	1083,4 1	1062,52	1083,4 2	1062,53
Vận tốc nước trong tháp	m/s	0,80		0,71		0,71		0,64		0,64	
Độ phóng xa so với đỉnh tháp	m	0,21		-0,52		-0,52		-1,09		-1,08	
Mức nước thấp nhất, Z_{min}	m	1068,4 7	1060,04	1069,2 2	1060,41	1069,1 4	1060,41	1069,8 3	1060,70	1069,6 9	1060,70

Cao độ đỉnh hầm	m	1056,2		1056,2		1056,2		1056,2		1056,2		1056,2
		4	1056,24	4	1056,24	4	1056,24	4	1056,24	4	1056,24	4

Do tuyến hầm dẫn nước đã chọn, cho nên việc chọn đường kính TĐA phải đảm bảo sao cho mực nước thấp nhất trong TĐA phải cao hơn đỉnh đường hầm dẫn nước khi tăng tải tổ máy số 2.

Do vị trí cửa vào của hầm gom và tuyến đập phụ cố định theo vị trí địa hình và tài liệu địa chất, do vậy đỉnh tháp (hay cửa vào hầm gom) đã cố định ở cao trình 1084,5m. Như vậy, khi thay đổi kích thước của hầm gom (TĐA) thì trường hợp cắt tải nước sẽ nhảy ra khỏi miệng tháp (ứng với $D_{th} = 3,6m$ thì mực nước Z_{max} vượt đỉnh TĐA 0,21m), điều này đòi hỏi phải gia cố vị trí xung quanh miệng TĐA. Do miệng TĐA (cửa hầm gom) nằm trong phạm vi hồ phụ gom nước nên việc Z_{max} cao hơn đỉnh TĐA 0,21m không ảnh hưởng gì đến kết cấu các hạng mục xung quanh. Do vậy, $D_{th} = 3,6m$ là giới hạn thấp nhất có thể chấp nhận khi đưa vào so chọn.

3.3. Phân tích, đánh giá

Như phân tích ở trên, tiêu chí lựa chọn là chi phí xây dựng TĐA (hay hầm gom) là nhỏ nhất (C_{min}). Như vậy, khi so sánh kích thước TĐA, có thể chuyển đổi tiêu chuẩn C_{min} thành tiêu chuẩn ΔC_{min} , tức là so sánh chênh

lệch chi phí của mỗi phương án so với phương án gốc. Không làm mất tính tổng quát, chọn phương án gốc là phương án có $D_{th} = 3,6m$ và $D_{hc} = 2,0m$.

Tuy nhiên, như đề cập ở phần 3.2, vị trí cửa hầm gom (miệng TĐA) đã được chọn cố định, do vậy phương án gốc là phương án có chi phí nhỏ nhất. Vậy kiến nghị chọn $D_{th} = 3,6m$ và $D_{hc} = 2,0m$ cho thủy điện Nậm Cầu Thượng.

4. KẾT LUẬN

Tháp điều áp là một giải pháp công trình nhằm giảm áp lực nước va trong đường hầm dẫn nước có áp. Do đó, việc kết hợp sử dụng hầm gom nước làm TĐA là một giải pháp hữu hiệu vừa đảm bảo giảm áp lực nước va, vừa giảm chi phí xây dựng và chi phí đền bù giải phóng mặt bằng, không làm suy giảm diện tích rừng. Điều này mang lại không chỉ hiệu ích kinh tế mà còn đóng góp tích cực vào việc giảm phát thải CO_2 .

Việc lựa chọn kích thước hầm gom (TĐA) và vị trí đặt cửa hầm gom là một bài toán kinh tế-kỹ thuật, cần tính toán đồng thời khi so chọn. Do vậy, tùy tình hình cụ thể của mỗi công trình cần có bài toán so sánh riêng để lựa chọn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Công trình Trạm thủy điện (2003) - Trường Đại học Thủy lợi.
- [2] Thủy lực - Trường Đại học Thủy lợi.
- [3] Sổ tay tính toán thủy lực, Kixelep P.G, Altsul A.D (Bản dịch năm 2008).
- [4] Công trình thủy điện Nậm Cầu Thượng - Báo cáo Thủy năng-kinh tế năng lượng giai đoạn Thiết kế kỹ thuật.