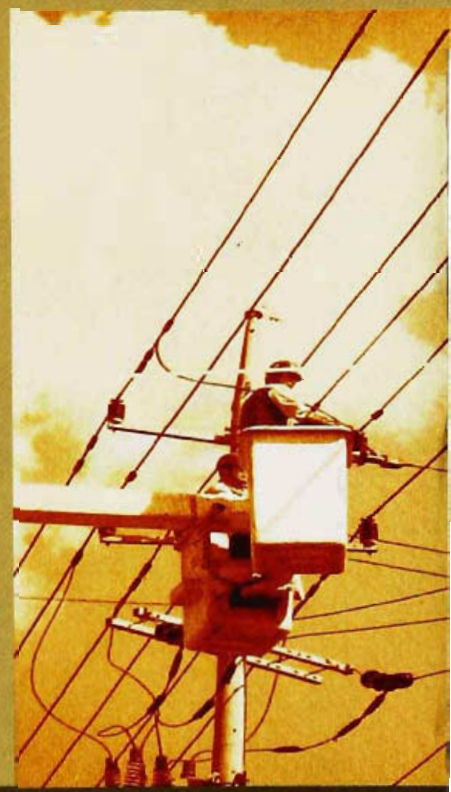


TS. TRẦN QUANG KHÁNH

BÀI TẬP **Cung cấp điện**





TS. TRẦN QUANG KHÁNH

BÀI TẬP CUNG CẤP ĐIỆN

(In lần thứ 3 có sửa chữa và bổ sung)



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI

LỜI NÓI ĐẦU

Cuốn “Bài tập cung cấp điện” được biên soạn với mục đích chính là giúp cho bạn đọc nắm bắt một cách tốt nhất chương trình môn học Cung cấp điện và nâng cao kỹ năng tính toán thiết kế cung cấp điện thông qua phương pháp giải các bài toán thực tế. Nội dung cuốn sách được trình bày trong hai phần: Phần I là phần bài tập, thu tóm hầu hết các nội dung cơ bản của chương trình hệ thống cung cấp điện. Phần II bao gồm một số bài thiết kế cụ thể, tổng hợp lại toàn bộ các khâu cần thiết trong tính toán thiết kế cung cấp điện. Kết cấu của các chương đều theo một trình tự giống nhau: mục thứ nhất được trình bày ngắn gọn cơ sở lý thuyết với những biểu thức quan trọng nhất, thiết thực cho việc giải các bài toán của chương; mục tiếp theo giới thiệu các bài giải mẫu ứng với nội dung của chương trình; mục thứ ba là bài tập dành cho bạn đọc tự giải để kiểm tra kỹ năng tính toán và trình độ của mình. Dữ kiện của các bài toán phần lớn được lấy từ mạng điện cụ thể, vì vậy ngoài mục đích học tập, một số kết quả tính toán có thể áp dụng cho mục đích nghiên cứu khảo sát đặc tính của mạng điện ở các địa phương khác nhau của nước ta. Bên cạnh các bài tập thông thường, đối với một số nội dung quan trọng còn có các bài tập dài được cho dưới dạng lấy dữ kiện theo họ tên người thực hiện nhằm đa dạng hoá đề bài. Trong quá trình giải các bài tập, bạn đọc có thể sử dụng các sổ tay thiết kế cung cấp điện, tuy nhiên, để tiện cho việc tra cứu các tham số, dữ liệu vv. đa số các bảng biểu đã được trình bày trong giáo trình “Hệ thống cung cấp điện” (Tài liệu 1) và một số bảng bổ sung ở phần phụ lục của chính cuốn sách này. Đáp số của tất cả các bài toán có thể tìm thấy ở phần cuối của cuốn sách. Hầu hết các bài toán được trình bày đơn giản nhất đến mức có thể, trong một số trường hợp bài toán được giải theo nhiều cách khác nhau để qua đó đánh giá được mức độ chính xác và ưu nhược điểm của từng phương pháp, giúp bạn đọc lựa chọn phương pháp giải tốt nhất cho những bài toán tương tự. Các thông tin mới nhất cũng được cập nhật đến mức có thể. Lời giải của các bài toán được trình bày dưới dạng thông thường, tuy nhiên các phép tính được thực hiện với sự trợ giúp của chương trình Excel, một số bài

được giải với chương trình riêng được xây dựng trên ngôn ngữ lập trình Visual Basic hoặc Matlab. Với phạm vi đề cập rất rộng, mặc dù đã hết sức cố gắng nhưng do trình độ có hạn nên chắc chắn không thể tránh khỏi những thiếu sót, chúng tôi rất mong được bạn đọc lượng thứ và đóng góp ý kiến để cuốn sách ngày càng được hoàn thiện hơn.

Tác giả

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	3
Phần I. BÀI TẬP	
Chương 1. Phụ tải điện	
1. Cơ sở lý thuyết	9
2. Bài giải mẫu	16
3. Bài tập	40
Chương 2. Tính toán kinh tế – kỹ thuật	
1. Cơ sở lý thuyết	45
2. Bài giải mẫu	53
3. Bài tập	79
Chương 3. Mạng điện	84
1. Cơ sở lý thuyết	84
2. Bài giải mẫu	95
3. Bài tập	120
Chương 4. Trạm biến áp	
1. Cơ sở lý thuyết	125
2. Bài giải mẫu	127
3. Bài tập	135
Chương 5. Tính toán ngắn mạch trong hệ thống điện	
1. Cơ sở lý thuyết	137
2. Bài giải mẫu	142
3. Bài tập	172
Chương 6. Chọn thiết bị và các phần tử hệ thống điện	
1. Cơ sở lý thuyết	180
2. Bài giải mẫu	187
3. Bài tập	205
Chương 7. Bảo vệ rơle	
1. Cơ sở lý thuyết	207
2. Bài giải mẫu	210
3. Bài tập	228
Chương 8. Bảo vệ chống quá điện áp trong hệ thống điện	
1. Cơ sở lý thuyết	232
2. Bài giải mẫu	234
3. Bài tập	242



Chương 9. Nâng cao chất lượng điện	
1. Cơ sở lý thuyết	244
2. Bài giải mẫu	250
3. Bài tập	269
Chương 10. Độ tin cậy cung cấp điện	
1. Tóm lược lý thuyết	273
2. Bài giải mẫu	281
3. Bài tập	289
Chương 11. Chế độ làm việc kinh tế của mạng điện	
1. Cơ sở lý thuyết	292
2. Bài giải mẫu	298
3. Bài tập	321
Chương 12. Kỹ thuật chiếu sáng	
1. Cơ sở lý thuyết	326
2. Bài giải mẫu	332
3. Bài tập	343
Chương 13. An toàn điện	
1. Cơ sở lý thuyết	346
2. Bài giải mẫu	351
3. Bài tập	358

Phần II. THIẾT KẾ CUNG CẤP ĐIỆN

Đồ án 1.	Thiết kế cung cấp điện cho xưởng sửa chữa thiết bị	363
Đồ án 2.	Thiết kế cung cấp điện cho xí nghiệp công nghiệp	380
Đồ án 3.	Thiết kế cung cấp điện cho khu chung cư cao tầng	411
	ĐÁP SỐ	444
	Chương 1	444
	Chương 2	445
	Chương 3	445
	Chương 4	447
	Chương 5	447
	Chương 6	448
	Chương 7	449
	Chương 8	450
	Chương 9	451
	Chương 10	452
	Chương 11	452
	Chương 12	453
	Chương 13	453
	Tài liệu tham khảo	454
	Phụ lục	455

Phần I
Bài tập

Chương 1

PHỤ TẢI ĐIỆN

1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1.1. Phương pháp tính toán phụ tải

1.1.1. Xác định phụ tải tính toán theo suất tiêu hao năng lượng

Nếu phụ tải điện không thay đổi hoặc thay đổi ít theo thời gian thì công suất tính toán có thể lấy bằng công suất trung bình và được xác định theo biểu thức.

$$P_{tt} = P_{tb} = \frac{M.d}{T}, \quad (1.1)$$

trong đó: M- khối lượng sản phẩm được sản xuất ra trong thời gian T;

d - định mức tiêu thụ điện năng của một sản phẩm, kWh/dvsp.

Nếu phụ tải thay đổi theo thời gian thì :

$$P_{tt} = k_M P_{tb}, \quad (1.2)$$

Trong quy hoạch sơ bộ công suất tính toán có thể xác định theo mật độ phụ tải trên một km² diện tích.

$$P_{tt} = \gamma \cdot F, \text{ kW}, \quad (1.3)$$

trong đó: γ - mật độ phụ tải, kW/km²;

F - diện tích vùng quy hoạch, km².

Phụ tải chiếu sáng và dịch vụ công cộng cũng có thể được xác định theo phương pháp này:

$$P_{tt} = p_0 \cdot F_{cs}, \text{ kW}, \quad (1.4)$$

trong đó: p_0 – suất tiêu hao công suất trên một đơn vị diện tích chiếu sáng;

F_{cs} – diện tích của bề mặt chiếu sáng.

1.1.2. Xác định phụ tải theo hệ số đồng thời

Hệ số đồng thời thể hiện tính chất làm việc đồng thời của các phụ tải. Theo phương pháp này công suất tính toán được xác định dựa vào công suất lớn nhất tại các thời điểm cực đại.

Công suất tính toán là giá trị lớn nhất trong các giá trị công suất ở các thời điểm cực đại. Thông thường ta chọn hai thời điểm: cực đại ngày và cực đại đêm, lúc đó

$$P_{tt} = \max \begin{cases} k_{dk}^n \cdot \sum P_{ni} \\ k_{dk}^d \cdot \sum P_{ni} \end{cases} \quad (1.5)$$

k_{dk}^n, k_{dk}^d - hệ số đồng thời tại các thời điểm cực đại ngày và cực đại đêm, xác định theo biểu thức

$$k_{dk}^i = p^i + 1,5 \sqrt{\frac{p^i \cdot (1-p^i)}{n_{hd}}} \quad (1.6)$$

Phương pháp hệ số đồng thời thường được áp dụng thuận tiện cho các nhóm thụ điện có công suất hơn kém nhau không quá 4 lần. Trong thực tế phương pháp này thường được áp dụng đối với phụ tải sinh hoạt.

1.1.3. Phương pháp hệ số nhu cầu

Phụ tải tính toán của nhóm thiết bị có cùng chế độ làm việc được tính theo biểu thức :

$$P_{tt} = k_{nc} \sum P_{ni} \quad (1.7)$$

Hệ số nhu cầu xác định theo biểu thức

$$k_{nc} = k_{sd\Sigma} + \frac{1 - k_{sd\Sigma}}{\sqrt{n_{hd}}} \quad (1.8)$$

và hệ số sử dụng tổng hợp $k_{sd\Sigma}$ được xác định theo công thức

$$k_{sd\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ni} \cdot k_{sdi}}{\sum_{i=1}^n P_{ni}} \quad (1.9)$$

Số lượng hiệu dụng được xác định theo biểu thức

$$n_{hd} = \frac{(\sum P_{ni})^2}{\sum P_{ni}^2} \quad (1.10)$$

Gọi k là tỷ số giữa công suất của thụ điện lớn nhất và thụ điện nhỏ nhất trong nhóm:

$$k = \frac{P_{max}}{P_{min}} \quad (1.11)$$

Nếu số lượng thụ diện $n > 4$ và giá trị của k nhỏ hơn các giá trị k_b cho trong bảng 2.pl.BT, ứng với hệ số sử dụng tổng hợp, thì có thể lấy giá trị $n_{hq} = n$.

Trong trường hợp $k_{sd\Sigma} < 0,2$ thì giá trị n_{hd} được xác định theo một phương pháp riêng như sau:

- Phân riêng các thiết bị có công suất lớn hơn một phần hai công suất của thiết bị lớn nhất trong nhóm,

$$P_i \geq \frac{P_M}{2}$$

- Xác định số lượng thiết bị n_i của nhóm này.
- Xác định tổng công suất định mức của nhóm n_i thiết bị
- Tìm các giá trị tương đối

$$n_* = \frac{n_i}{n} \quad \text{và} \quad P_* = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} P_{ni}}{\sum_{j=1}^n P_{nj}} \quad (1.12)$$

- Xác định giá trị tương đối n_{hd}^* theo biểu thức

$$n_{hd}^* = \frac{0,95}{\frac{P_*^2}{n_*} + \frac{(1-P_*)^2}{1-n_*}} \quad (1.13)$$

- Xác định số lượng hiệu dụng

$$n_{hd} = n_{hd}^* \cdot n.$$

1.1.4. Phương pháp hệ số cực đại

Công suất tính toán xác định theo hệ số cực đại

$$P_{tt} = P_M = k_M P_{th} = k_M k_{sd\Sigma} \sum_{i=1}^n P_{ni} \quad (1.14)$$

Hệ số cực đại k_M được xác định theo công thức

$$k_M = 1 + 1,3 \sqrt{\frac{1 - k_{sd\Sigma}}{n_{hq} \cdot k_{sd\Sigma} + 2}} \quad (1.15)$$

1.1.5. Phụ tải đỉnh nhọn

$$P_{d,nh} = k_{min} P_{max} + k_{nc} \sum_{i=1}^{n-1} P_{ni} \quad (1.16)$$

trong đó: k_{nm} – hệ số mở máy của động cơ lớn nhất trong nhóm;

P_{Max} - công suất của động cơ lớn nhất ;

$\sum_{i=1}^{n-1} P_{n_i}$ - tổng công suất của nhóm trừ động cơ lớn nhất.

1.1.6. Phương pháp cộng phụ tải giữa các nhóm

a. Phương pháp số gia

$$P_{1-2} = P_{max} + \Delta P_i$$

$$P_{\Sigma} = P_1 + \Delta P_2 \quad \text{nếu } P_1 > P_2$$

$$P_{\Sigma} = P_2 + \Delta P_1 \quad \text{nếu } P_1 < P_2$$

ΔP_i - số gia của công suất P_i , xác định theo bảng 1.pl.[1]

Hay

$$P_{\Sigma} = P_1 + k_2 P_2 \quad \text{nếu } P_1 > P_2$$

$$P_{\Sigma} = P_2 + k_1 P_1 \quad \text{nếu } P_1 < P_2$$

Hệ số k_i được xác định:

$$k_i = \left(\frac{P_1}{5} \right)^{0,04} - 0,41; \quad \text{đối với mạng điện hạ áp;} \quad (1.17)$$

$$k_i = \left(\frac{P_1}{5} \right)^{0,04} - 0,38; \quad \text{đối với mạng điện cao áp.}$$

Trong trường hợp các phụ tải thành phần không ở cùng thời điểm thì cần tính tới hệ số tham gia vào cực đại của chúng.

$$P^i = k_{iM}^i P_{ii}$$

b. Phương pháp tổng hợp tải theo hệ số nhu cầu

$$P_{\Sigma} = k_{nc.nh} \sum P_i$$

Trong đó hệ số nhu cầu tổng hợp được xác định tương tự như biểu thức

$$k_{nc.nh} = k_{sd\Sigma.ch} + \frac{1 - k_{sd\Sigma.ch}}{\sqrt{N}}; \quad (1.18)$$

N là số nhóm thiết bị.

1.2. Dự báo phụ tải

1.2.1. Các mô hình dự báo phụ tải

a. Hàm tuyến tính

Mối quan hệ giữa phụ tải P_i và thời gian t được biểu thị dưới dạng

$$P_i = a + bt ; \quad (1.19)$$

Các hệ số a, b được xác định theo phương pháp bình phương cực tiểu,

$$\left. \begin{aligned} b \sum_{i=1}^n t_i^2 + a \sum_{i=1}^n t_i &= \sum P_i t_i \\ b \sum_{i=1}^n t_i + na &= \sum P_i \end{aligned} \right\} \quad (1.20)$$

trong đó: P_i - giá trị phụ tải quan sát ở năm thứ i ;

t_i - năm quan sát thứ i ;

n - số năm quan sát.

Hàm hồi quy bậc nhất có thể xác định theo biểu thức

$$P_i = \frac{\mu_{P,t}}{\sigma_t^2} (t - t_{tb}) + P_{tb} , \quad (1.21)$$

trong đó: $\mu_{P,t}$ - mômen tương quan giữa P và t ;

σ_t^2 - phương sai của đại lượng t ;

P_{tb}, t_{tb} - giá trị trung bình, hay còn gọi là kỳ vọng toán của các đại lượng P và t , xác định theo số liệu thống kê.

* Mô hình dự báo tuyến tính cũng có thể được biểu thị dưới dạng

$$P_i = P_0 + P_0 \cdot \alpha \cdot (t - t_0) = P_0 [1 + \alpha \cdot (t - t_0)] , \quad (1.22)$$

trong đó :

P_0 - phụ tải năm cơ sở t_0 ;

α - suất tăng phụ tải trung bình hàng năm , $\alpha = \frac{\sum \alpha_i}{n}$;

α_i - tỷ lệ tăng phụ tải năm thứ i so với năm trước,

$$\alpha_i = \frac{P_{i+1} - P_i}{P_i}$$

b, Hàm Parabol

Mô hình dự báo dạng parabol còn gọi là mô hình bậc hai được biểu thị dưới dạng

$$P_t = a + bt + c t^2 \tag{1.23}$$

Các hệ số hồi quy a, b, c xác định theo điều kiện bình phương cực tiểu với hệ phương trình:

$$\left. \begin{aligned} c \sum t_i^4 + b \sum t_i^3 + a \sum t_i^2 &= \sum t_i^4 P_i \\ c \sum t_i^3 + b \sum t_i^2 + a \sum t_i &= \sum t_i P_i \\ c \sum t_i + b \sum 1 + na &= \sum P_i \end{aligned} \right\}$$

c, Hàm mũ

$$P_t = P_0 (1 + \alpha)^{t-t_0} \tag{1.24}$$

P_0 - phụ tải của năm được chọn làm cơ sở t_0

Thừa số $(1 + \alpha) = C$ có thể xác định theo

$$C_i = \frac{P_{i+1}}{P_i} \qquad C = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n C_i} \tag{1.25}$$

Như vậy hàm mũ có thể biểu diễn dưới dạng

$$P_t = P_0 C^t \tag{1.26}$$

d. Mô hình dự báo logistic

Mô hình dự báo logistic có dạng:

$$P_t = \frac{A}{P_0 + B e^{-\alpha t}}; \tag{1.27}$$

α - tỷ lệ gia tăng phụ tải trung bình nhân hàng năm, xác định theo:

$$\alpha = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \alpha_i}; \tag{1.28}$$

α_i - tỷ lệ tăng phụ tải năm thứ i so với năm trước,

$$A = P_0 \cdot P_b$$

$$B = P_b - P_0$$

P_0 - công suất của năm cơ sở;

P_b - công suất bão hoà.

1.2.2. Đánh giá độ tin cậy và sai số dự báo

a. Đánh giá độ tin cậy dựa vào các đại lượng thống kê

* Hệ số tương quan tuyến tính:

$$r_{P,t} = \frac{\mu_{P,t}}{\sigma_P \cdot \sigma_t}, \quad (1.29)$$

$\mu_{P,t}$ – mômen tương quan giữa các đại lượng phụ tải P và thời gian t;

σ_P, σ_t - độ lệch chuẩn của phụ tải và thời gian

Hoặc hệ số tương quan phi tuyến

$$\eta_{P,t} = \sqrt{1 - \frac{\sum (t_i - t_{tb})^2}{\sum (P_i - P_{tb})^2}} \quad (1.30)$$

Các giá trị $r_{P,t}$ và $\eta_{P,t}$ càng gần 1 thì mức độ chặt chẽ của mô hình càng cao, tức độ chính xác càng lớn.

* Giá trị của hàm Student

$$t = \frac{r_{P,t} \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{P,t}^2}} > t_b, \quad (1.31)$$

t_b – giá trị hàm Student tra theo bảng ứng với mức ý nghĩa cần thiết.

* Sai số trung bình của hàm dự báo được xác định theo biểu thức

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum \delta_i^2} \quad (1.32)$$

δ_i - sai số của hàm dự báo năm thứ i: $\delta_i = P_i - P_{dhi}$;

P_i, P_{dhi} – công suất tiêu thụ theo số liệu thống kê và theo mô hình dự báo của năm thứ i;

n – số quan sát, hay số số liệu trong bảng thống kê.

* Sai số tương đối
$$\delta\% = \frac{\delta}{P_{dth}} 100\% \quad (1.33)$$

P_{dth} - công suất tiêu thụ trung bình;

* Sai số dự báo có thể được xác định gần đúng theo biểu thức

$$\delta_i = \delta \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{2-\alpha} \cdot [1 + 4 \cdot (1-\alpha) + 5 \cdot (1-\alpha)^2 + 2\alpha \cdot (4-3\alpha) \cdot 1 + 2\alpha^2 \cdot 1^2]},$$

α - hệ số phụ tải vào số số liệu thống kê n (số năm lấy số liệu)

$$\alpha = \frac{2}{n+1},$$

1 - năm dự báo

* Khoảng tin cậy của hàm dự báo:

$$P_i = P_{\text{đb}_i} \pm 3\delta_i$$

b. *Đánh giá độ tin cậy về phương diện thông tin*

Một tin mới x_i nào đó sẽ mang lại cho Y một thông tin mới tương ứng có ý nghĩa nếu dung sai ε nhỏ hơn dung sai cho phép $\varepsilon\%$.

$$\frac{H(Y/X)}{H(Y)} \leq \varepsilon\% \quad (1.34)$$

$H(Y)$ - entropi của tập quan sát y_i ;

$$H(Y) = - \sum_{i=1}^n p_{(y_i)} \log_2 p_{(y_i)} = -\log_2 (1/n) = \log_2 (n) = 3,322 \lg(n); \quad (1.35)$$

n - số quan sát;

$p_{(y_i)}$ - xác suất xuất hiện của y_i ;

$H(Y/X)$ - entropi có điều kiện của Y khi đã biết X .

$$H(Y/X) = - \sum_{i=1}^n p_{(x_i)} \cdot \log_2 p_{(Y/X_i)} \quad (1.36)$$

$p_{(Y/X_i)}$ - xác suất có điều kiện của đại lượng

$$p_{(Y/X_i)} = 1 - \frac{|Y_i - Y_{\text{tq}}|}{Y_i} \quad (1.37)$$

2. BÀI GIẢI MẪU

Bài 1.1: Số liệu thống kê các thiết bị điện trong hộ gia đình cho trong bảng 1.1.a, trong đó P là công suất định mức của thiết bị, t là thời gian sử dụng trung bình mỗi ngày (đối với bàn là chỉ sử dụng 5 ngày một lần, mỗi lần 60 phút, tức mỗi ngày trung bình 6 phút bằng 0,1 h). Hãy xác định công suất tính toán của hộ gia đình, coi các thiết bị tạo nhiệt có hệ số lượng tải bằng 1, còn các thiết bị khác lấy bằng 0,8.

Bảng 1.1.a. Số liệu thống kê các thiết bị điện trong hộ gia đình

TT	Tên thiết bị	Số lượng	P, W	t, h
1	Đèn sợi đốt	3	40	6.00
2	Đèn ống dài	5	40	7.00
3	Đèn ống ngắn	2	20	6.00
4	Quạt bàn	2	60	7.00
5	Quạt trần	4	100	5.00
6	Tivi	1	85.00	8.00
7	Radiocasset	1	20.00	3.00
8	Bơm nước	1	125.00	0.50
9	Tủ lạnh	1	150.00	14.00
10	Nồi cơm điện	1	650.00	1.00
11	Ấm điện	1	800.00	0.50
12	Ổn áp	1	10.00	11.00
13	Bàn là	1	1000.00	0.10
		n= 24		

Tổng số lượng thiết bị trong hộ gia đình là $n = 24$

Bài giải: Trước hết ta xác định các hệ số của phụ tải

Hệ số sử dụng của các thiết bị xác định theo biểu thức

$$k_{sd} = k_{lv} \cdot k_{ll}$$

Trong đó hệ số làm việc $k_{lv} = \frac{t}{24}$

Đèn sợi đốt $k_{sd} = 0,25 \cdot 1 = 0,25$

Quạt $k_{sd} = 0,29 \cdot 0,8 = 0,23$

Các thiết bị khác tính toán tương tự, kết quả ghi trong bảng 1.1.b.

Hệ số sử dụng tổng hợp của cả nhóm:

$$k_{sd\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ni} k_{sdi}}{\sum_{i=1}^n P_{ni}} = \frac{359,7}{3720} = 0,10$$

Số lượng hiệu dụng n_{hd} được xác định như sau: Chọn thiết bị có công suất lớn nhất $P_{Max}=1000$;

Tổng công suất của nhóm thiết bị lớn:

$$\sum_{i=1}^n P_{nj} = 1000 + 800 + 650 = 2450; \text{ Số lượng các thiết bị lớn là } n_j = 3;$$

$$n_j^* = \frac{n_j}{n} = \frac{3}{24} = 0,125; \quad P_j^* = \frac{2450}{3720} = 0,66; \quad n_j^* = \frac{0,95}{0,66^2 + \frac{(1-0,66)^2}{0,125 + 1 - 0,125}} = 0,264$$

$$n_{hd} = 0,264 \cdot 24 = 6,33$$

Bảng 1.1b. Số liệu tính toán phụ tải trong hộ gia đình

TT	Tên thiết bị	P, W	P_d	t, h	k_{lv}	k_{mt}	k_{sd}	$k_{sd} \cdot P_d$
1	Đèn sợi đốt	3x40	120	6,00	0,25	1,00	0,25	30,00
2	Đèn ống dài	5x40	200	7,00	0,29	1,00	0,29	58,33
3	Đèn ống ngắn	2x20	40	6,00	0,25	1,00	0,25	10,00
4	Quạt bàn	2x60	120	7,00	0,29	0,80	0,23	28,00
5	Quạt trần	4x100	400	5,00	0,21	0,80	0,17	66,67
6	Tivi	85	85	8,00	0,33	0,33	0,11	9,35
7	Radiocasset	20	20	3,00	0,13	0,80	0,10	2,00
8	Bơm nước	125	125	0,50	0,02	0,80	0,02	2,08
9	Tủ lạnh	150	150	14,00	0,58	0,80	0,47	70,00
10	Nồi cơm điện	650	650	1,00	0,04	1,00	0,04	27,08
11	Ấm điện	800	800	1,50	0,06	1,00	0,06	50,00
12	Ổn áp	10	10	11,00	0,46	0,80	0,37	3,67
13	Bàn là	1000	1000	0,20	0,01	1,00	0,01	8,33
Σ			3720					365,52

Hệ số nhu cầu xác định theo biểu thức

$$k_{nc} = k_{sd\Sigma} + \frac{1 - k_{sd\Sigma}}{\sqrt{n_{hd}}} = 0,1 + \frac{1 - 0,1}{\sqrt{6,33}} = 0,46$$

Công suất tính toán

$$P_{tt} = k_{nc} \sum_{i=1} P_{nj} = 0,46 \cdot 3720 = 11699,06 \text{ W.}$$

Bài 1.2. Tính toán phụ tải sinh hoạt cho một cụm dân cư với 124 hộ gia đình, biết công suất tiêu thụ trung bình của mỗi hộ gia đình là 850 W, xác suất đóng trung bình ở giờ cao điểm đêm là $p^d = 0,75$ và ở cao điểm ngày là $p^n = 0,3$.

Giải: Xác định hệ số đồng thời tại các thời điểm cực đại đêm và cực đại ngày:

$$k_{dt}^d = p^d + 1,5 \cdot \sqrt{\frac{p^d(1-p^d)}{n}} = 0,75 + 1,5 \cdot \sqrt{\frac{0,75 \cdot (1 - 0,75)}{124}} = 0,81.$$

$$k_{dt}^n = p^n + 1,5 \cdot \sqrt{\frac{p^n(1-p^n)}{n}} = 0,3 + 1,5 \cdot \sqrt{\frac{0,3 \cdot (1 - 0,3)}{124}} = 0,36$$

Công suất tính toán tại các thời điểm

$$P^d = k_{dt}^d \cdot n \cdot p_0 = 0,81 \cdot 124 \cdot 0,85 = 85,2 \text{ kW;}$$

$$P^n = k_{dt}^n \cdot n \cdot p_0 = 0,36 \cdot 124 \cdot 0,85 = 38,1 \text{ kW;}$$

Như vậy công suất tính toán của cụm dân cư sẽ là

$$P_{tt} = \max \begin{cases} P^d \\ P^n \end{cases} = \max \begin{cases} 85,2 \\ 38,1 \end{cases} = 85,2 \text{ kW.}$$

Bài 1.3. Xác định phụ tải của một nhóm thiết bị động lực có các tham số cho trong bảng 1.3.a theo 2 phương pháp: hệ số nhu cầu và hệ số cực đại, đánh giá sai số giữa 2 phương pháp và cho nhận xét.

Bảng 1.3.a. Công suất và hệ số sử dụng của nhóm thiết bị động lực

$P_n, \text{ kW}$	3	4,5	5,6	6,3	8	10	12	14
k_{sd}	0,64	0,54	0,48	0,48	0,62	0,67	0,43	0,53

Giải: Bài toán có thể giải theo hai phương pháp

a. Theo phương pháp hệ số nhu cầu

Xác định hệ số sử dụng tổng hợp của nhóm thiết bị

$$k_{sd\Sigma} = \frac{\sum P_i \cdot k_{sdi}}{\sum P_i} = \frac{34,3}{63,4} = 0,54$$

Tỷ số giữa công suất của thiết bị lớn nhất và bé nhất là

$$k = \frac{14}{3} = 4,67 < 5 \text{ (theo điều kiện bảng 2. pl.BT)}$$

và vì $n > 4$ nên số lượng hiệu dụng $n_{hd} = n = 8$.

Vậy hệ số nhu cầu theo biểu thức

$$k_{nc} = k_{sd\Sigma} + \frac{1 - k_{sd\Sigma}}{\sqrt{n_{hd}}} = 0,54 + \frac{1 - 0,54}{\sqrt{8}} = 0,7$$

Công suất tính toán

$$P_{tt} = k_{nc} \sum P_{ni} = 0,7 \cdot 63,4 = 44,59 \text{ kW.}$$

b. Theo phương pháp hệ số cực đại

Giá trị $k_{sd\Sigma}$ được xác định tương tự như trên $k_{sd\Sigma} = 0,54$

Giá trị của hệ số cực đại được xác định theo biểu thức

$$k_M = 1 + 1,3 \sqrt{\frac{1 - k_{sd\Sigma}}{n_{hq} \cdot k_{sd\Sigma} + 2}} = 1 + 1,3 \sqrt{\frac{1 - 0,54}{5 \cdot 0,54 + 2}} = 1,35$$

Công suất tính toán

$$P_{tt} = k_M k_{sd\Sigma} \sum P_{ni} = 1,35 \cdot 0,54 \cdot 63,4 = 46,31 \text{ kW}$$

Đánh giá sai số tương đối giữa hai phương pháp

$$s = \frac{46,31 - 44,59}{44,59} \cdot 100 = 3,86\%$$

Nhận xét: Ta thấy sai số giữa 2 phương pháp không lớn tuy nhiên trong thực tế phương pháp hệ số nhu cầu vẫn được coi là có độ chính xác cao hơn.

Bài 1.4. Xác định phụ tải dịch vụ công cộng của một điểm dân cư biết các số liệu của các cơ sở dịch vụ cho trong bảng 1.4.a. sau:

Bảng 1.4.a. Số liệu bài toán 1.4

Cơ sở	Trụ sở UB	Tr.xá	Tr.học	Nhà trẻ	Đường, m
Diện tích, m ²	80	75	260	70	3700

Giải: Công suất tính toán xác định theo suất tiêu thụ điện (bảng 2.pl).[1]

Công suất đặt của các cơ sở được xác định theo biểu thức $P_d = p_0 \cdot F$, kết quả tính toán ghi trong bảng 1.4.

Bảng 1.4. Số liệu tính toán phụ tải dịch vụ công cộng của điểm dân cư bài toán 1.4.

Tên cơ sở	F, m ²	p ₀ W/m ²	P _d , kW	k _{dt} ⁿ	k _{dt} ^d	P _d ·k _{dt} ⁿ	P·k _{dt} ^d
Trụ sở UB	80	15	1,2	0,8	0,45	0,96	0,54
Trạm xá	75	30	2,25	0,55	0,9	1,2375	2,025
Trường học	260	15	3,9	0,75	0,4	2,925	1,56
Nhà trẻ	70	20	1,4	0,75	0,4	1,05	0,56
Đường trục, m	3730	2	7,46	0	1	0	7,56
Tổng			16,21			6,173	12,15

Hệ số đồng thời tổng hợp tại thời điểm cực đại xác định tương tự theo biểu thức (1.9) ứng với các thời điểm cực đại ngày và đêm ta xác định được

$$k_{dt}^n = \frac{\sum P_i k_{dti}^n}{\sum P_i} = \frac{6,173}{16,21} = 0,381 \quad \text{và} \quad k_{dt}^d = \frac{12,15}{16,21} = 0,75.$$

Vậy công suất tính toán tại các thời điểm tương ứng là

$$P^n = k_{dt}^n \cdot \sum P = 0,381 \cdot 16,21 = 6,173 \text{ kW}$$

$$P^d = k_{dt}^d \cdot \sum P = 0,75 \cdot 16,21 = 12,145 \text{ kW.}$$

Như vậy công suất tính toán của phụ tải dịch vụ công cộng là $P_{tt} = 12,145 \text{ kW}$.

Bài 1.5: Xác định phụ tải của trạm bơm tưới cho một diện tích canh tác 847 ha vùng đồng bằng và diện tích ngập ứng là 326 ha.

Giải: Suất tiêu thụ công suất thủy lợi được xác định theo bảng 3.pl [1]. Phụ tải tính toán của trạm bơm tưới được xác định

$$P_{tưới} = p_{0tưới} F_{tưới} = 0,08 \cdot 847 = 67,76 \text{ kW.}$$

Phụ tải tính toán của trạm bơm tiêu

$$P_{tiêu} = p_{0tiêu} F_{tiêu} = 0,35 \cdot 326 = 114,1 \text{ kW.}$$

Phụ tải thủy lợi tổng hợp

$$P_{tt} = \text{Max}(P_{tưới}, P_{tiêu}) = \text{Max}(67,76; 114,1) = 114,1 \text{ kW.}$$

Bài 1.6. Một phân xưởng sản xuất gồm các thiết bị có các tham số cho trong bảng sau

	1	2	3	4	5	6	7
P_n , kW	2,8	3,5	4	6,3	7	8	10
k_{sd}	0,76	0,65	0,63	0,58	0,55	0,48	0,52
ε_n	-	0,8	-	-	0,75	-	-
$\cos\varphi$	0,8	0,78	0,78	0,74	0,74	0,7	0,74

Trong đó có 2 thiết bị làm việc theo chế độ ngắn hạn lặp lại với hệ số tiếp điện ε_n . Thiết bị lớn nhất là một động cơ có hệ số mở máy $k_{mm} = 4,5$. Hãy xác định công suất tính toán S_{it} ; công suất trung bình và công suất cực đại đỉnh nhọn của phân xưởng.

Giải: Trước hết ta cần quy các thiết bị làm việc ở chế độ ngắn hạn lặp lại về chế độ làm việc dài hạn theo biểu thức

$$P'_{n1} = P_n \sqrt{\varepsilon_n}; P'_{n2} = 3,5 \cdot \sqrt{0,8}; P'_{n6} = 7 \cdot \sqrt{0,75} = 6,06 \text{ kW};$$

Các tính toán được thực hiện dưới dạng bảng sau

	P_n ; kW	k_{sd}	$\cos\varphi$	$k_{sd} \cdot P'_{n_i}$	$\cos\varphi \cdot P'_{n_i}$
1	2,80	0,76	0,80	2,13	2,24
2	3,13	0,65	0,78	2,03	2,44
3	4,00	0,63	0,78	2,52	3,12
4	6,30	0,58	0,74	3,65	4,66
5	6,06	0,55	0,74	3,33	4,49
6	8,00	0,48	0,70	3,84	5,60
7	10,00	0,52	0,74	5,20	7,40
Σ	40,29			22,71	29,95

Xác định hệ số sử dụng tổng hợp của nhóm thiết bị

$$k_{sd\Sigma} = \frac{\Sigma P'_i \cdot k_{sdi}}{\Sigma P'_i} = \frac{22,71}{40,29} = 0,56$$

Tỷ số giữa công suất của thiết bị lớn nhất và bé nhất là

$$k = \frac{10}{2,8} = 3,57 < 6 \text{ (theo điều kiện bảng 2. pl.BT)}$$

và vì $n > 4$ nên số lượng hiệu dụng $n_{hd} = n = 7$.

Hệ số nhu cầu của nhóm thiết bị được xác định theo biểu thức

$$k_{nc} = k_{sd\Sigma} + \frac{1 - k_{sd\Sigma}}{\sqrt{n_{hd}}} = 0,56 + \frac{1 - 0,56}{\sqrt{7}} = 0,73$$

Công suất tính toán

$$P_{tt} = k_{nc} \Sigma P_{ni} = 0,73 \cdot 40,29 = 29,35 \text{ kW.}$$

Hệ số công suất trung bình

$$\cos \varphi_{tb} = \frac{\Sigma P'_i \cdot \cos \varphi_i}{\Sigma P'_i} = \frac{29,95}{40,29} = 0,74;$$

Công suất biểu kiến

$$S_{tt} = \frac{P_{tt}}{\cos \varphi_{tb}} = \frac{29,95}{0,74} = 39,5 \text{ kVA;}$$

Công suất trung bình

$$P_{tb} = k_{sd\Sigma} \Sigma P'_{ni} = 0,56 \cdot 40,29 = 22,71 \text{ kW}$$

$$S_{tb} = \frac{P_{tb}}{\cos \varphi_{tb}} = \frac{22,71}{0,74} = 30,55 \text{ kVA}$$

Hệ số sử dụng tổng hợp của nhóm không có thiết bị lớn nhất

$$k_{sd\Sigma 2} = \frac{\Sigma P'_i \cdot k_{sdi}}{\Sigma P'_i} = \frac{17,51}{30,29} = 0,58;$$

Hệ số nhu cầu của nhóm không có thiết bị lớn nhất

$$k_{nc2} = k_{sd\Sigma 2} + \frac{1 - k_{sd\Sigma 2}}{\sqrt{n_{hd2}}} = 0,58 + \frac{1 - 0,58}{\sqrt{6}} = 0,75$$

Công suất cực đại đỉnh nhọn

$$P_{d,nh} = k_{mm} \cdot P_{max} + k_{nc2} \sum_{i=1}^n P'_{ni} = 4,5 \cdot 10 + 0,75 \cdot 30,29 = 67,73 \text{ kW;}$$

Công suất biểu kiến đỉnh nhọn

$$S_{d,nh} = \frac{P_{d,nh}}{\cos \varphi_{tb}} = \frac{67,73}{0,74} = 91,12 \text{ kVA;}$$

Bài 1.7. Một điểm dân cư gồm 124 hộ gia đình, công suất tiêu thụ trung bình của mỗi hộ gia đình là 850 W, xác suất đóng trung bình ở giờ cao điểm đêm là $p^d = 0,75$ và ở cao điểm ngày là $p^n = 0,3$. Các thiết bị động lực gồm 8 máy với các thông số công suất định mức và hệ số sử dụng cho trong bảng 1.6.a sau:

P_n, kW	3	4,5	5,6	6,3	8	10	12	14
$k_{s,d}$	0,64	0,54	0,48	0,48	0,62	0,67	0,43	0,53

Diện tích của các công trình công cộng là:

Cơ sở	Trụ sở UB	Tr.xá	Tr.học	Nhà trẻ	Đường, m
Diện tích, m^2	80	75	260	70	3700

Hãy xác định phụ tải tính toán của điểm dân cư, biết hệ số tham gia vào cực đại ở các giờ cao điểm ngày và đêm của phụ tải động lực tương ứng là $k_{IM}^n = 1$ và $k_{IM}^d = 0,6$

Giải: Như bài ra, phụ tải trong điểm dân cư được phân thành 3 nhóm: nhóm phụ tải sinh hoạt được xác định theo phương pháp hệ số đồng thời (như bài 1.2); phụ tải của nhóm dịch vụ công cộng được xác định theo phương pháp suất tiêu hao năng lượng (như bài 1.3), phụ tải của nhóm động lực được xác định theo phương pháp hệ số nhu cầu (như bài 1.4). Phụ tải tính toán của toàn điểm dân cư được xác định theo phương pháp số gia. Lưu ý phương pháp số gia được thực hiện ứng với từng thời điểm xác định, vì vậy đối với nhóm động lực trước hết cần phải xác định công suất tính toán ở thời điểm cực đại ngày và cực đại đêm:

$$P_{dl}^n = P_{dl} \cdot k_{IM}^n = 43,67 \cdot 1 = 43,67 \text{ kW}$$

$$P_{dl}^d = P_{dl} \cdot k_{IM}^d = 43,67 \cdot 0,6 = 26,202 \text{ kW}$$

Với kết quả tính toán ở các bài trên ta biểu thị phụ tải của các nhóm trong bảng sau

Bảng 1.7.a. Số liệu về phụ tải tính toán của các nhóm ở các giờ cao điểm

Công suất ở giờ cao điểm, kW	Sinh hoạt		Dịch vụ công cộng		Động lực	
	P_{sh}^n	P_{sh}^d	P_{dv}^n	P_{dv}^d	P_{dl}^n	P_{dl}^d
	38,13	85,2	7,89	15,3	44,59	26,754

Phụ tải tổng giữa hai nhóm phụ tải sinh hoạt và dịch vụ công cộng xác định theo phương pháp số gia

$$P_{s,d}^n = 38,13 + \left[\left(\frac{7,89}{5} \right)^{0,04} - 0,41 \right] \cdot 7,89 = 42,93 \text{ kW};$$

$$P_{s,d}^d = 85,2 + \left[\left(\frac{15,3}{5} \right)^{0,04} - 0,41 \right] \cdot 15,3 = 94,93 \text{ kW}$$

Phụ tải tổng hợp của toàn điểm dân cư

$$P_{\Sigma}^n = 44,59 + \left[\left(\frac{42,93}{5} \right)^{0,04} - 0,41 \right] \cdot 42,93 = 73,77 \text{ kW};$$

$$P_{\Sigma}^d = 94,93 + \left[\left(\frac{26,754}{5} \right)^{0,04} - 0,41 \right] \cdot 26,754 = 112,57 \text{ kW}$$

Như vậy công suất tính toán sẽ là

$$P_{tt} = \text{Max}(P_{\Sigma}^n, P_{\Sigma}^d) = \text{Max}(73,77; 112,57) = 112,57 \text{ kW}$$

Căn cứ vào kết quả tính toán $P^n/P^d = 73,77/112,57 = 0,656$ ta tra bảng 3.pl.BT xác định được hệ số công suất $\cos\varphi = \cos\varphi^d = 0,90$. Vậy công suất biểu kiến sẽ là

$$S = \frac{P_{tt}}{\cos\varphi} = \frac{112,57}{0,9} = 125,08 \text{ kVA.}$$

Bài 1.8. Hãy xác định phụ tải tính toán cho một xí nghiệp gồm 3 phân xưởng sản xuất với các thiết bị động lực có các tham số cho trong bảng vd.1.8.a, sau:

Bảng 1.8.a. Dữ kiện bài toán bài 1.8

P. xưởng	1			2			3		
F.cs, m2	80			100			130		
Tham số	P_n , kW	$k_{s,d}$	$\cos\varphi$	P_n , kW	$k_{s,d}$	$\cos\varphi$	P_n , kW	$k_{s,d}$	$\cos\varphi$
1	0,8	0,56	0,72	2,2	0,82	0,83	0,4	0,81	0,85
2	1,1	0,72	0,84	3,0	0,56	0,72	0,6	0,55	0,73
3	2,2	0,49	0,71	5,5	0,48	0,69	0,8	0,67	0,77
4	3	0,67	0,80	7,5	0,55	0,75	1,1	0,45	0,67
5	7,5	0,45	0,70	10	0,73	0,80	1,5	0,68	0,79
6	10	0,44	0,70	13	0,62	0,72	2,2	0,80	0,87
7				17	0,61	0,71	3,0	0,57	0,70
8							4,0	0,63	0,81
9							5,5	0,54	0,69

Suất công suất chiếu sáng của các phân xưởng lấy bằng $p_0 = 25 \text{ W/m}^2$

Giải: Trước hết ta xác định phụ tải động lực của các phân xưởng:

* Phân xưởng 1:

- Phụ tải chiếu sáng của phân xưởng 1

$$P_{cs1} = p_0 \cdot F_1 = 0,025 \cdot 80 = 2 \text{ kW}$$

- Phụ tải động lực: Tổng số thiết bị động lực của phân xưởng 1 là 6, hệ số sử dụng tổng hợp của nhóm thiết bị

$$k_{sd\Sigma} = \frac{\sum P_i \cdot k_{sdi}}{\sum P_i} = \frac{0,8 \cdot 0,56 + 1,1 \cdot 0,72 + 2,2 \cdot 0,49 + 3,0 \cdot 0,67 + 7,5 \cdot 0,45 + 10 \cdot 0,44}{0,8 + 1,1 + 2,2 + 3,0 + 7,5 + 10} =$$
$$= \frac{12,1}{24,6} = 0,492$$

$$\text{Tỷ số } k = \frac{P_M}{P_{\min}} = \frac{10}{0,8} = 12,5 > k_b = 5 \text{ (bảng 2.pl.BT),}$$

do đó cần xác định số lượng hiệu dụng theo biểu thức

$$n_{hd} = \frac{(\sum P_i)^2}{\sum P_i^2} = \frac{24,6^2}{171,94} = 3,52 ;$$

$$\text{Hệ số nhu cầu } k_{nc} = k_{sd\Sigma} + \frac{1 - k_{sd\Sigma}}{\sqrt{n_{hd}}} = 0,492 + \frac{1 - 0,492}{\sqrt{3,52}} = 0,763$$

Công suất tính toán phụ tải động lực của phân xưởng 1

$$P_{dl1} = k_{nc} \cdot \sum P_i = 0,763 \cdot 24,6 = 18,764 \text{ kW ;}$$

Hệ số công suất chiếu sáng coi là bằng 1, từ đó ta xác định hệ số công suất trung bình của phân xưởng có tính đến phụ tải chiếu sáng:

$$\cos \varphi_\Sigma = \frac{\sum P_i \cdot \cos \varphi_i}{\sum P_i} = \frac{0,8 \cdot 0,72 + 1,1 \cdot 0,84 + 2,2 \cdot 0,71 + 3,0 \cdot 0,8 + 7,5 \cdot 0,7 + 10 \cdot 0,7 + 2 \cdot 1}{0,8 + 1,1 + 2,2 + 3 + 7,5 + 10 + 2} =$$
$$= \frac{19,71}{26,6} = 0,745$$

Xác định công suất tổng hợp của phân xưởng, coi hệ số đồng thời giữa phụ tải động lực và phụ tải chiếu sáng bằng 1

$$P_1 = P_{dl1} + P_{cs1} = 18,764 + 2 = 20,764 \text{ kW}$$

Công suất biểu kiến của phân xưởng

$$S_1 = \frac{P_1}{\cos \varphi_{\Sigma}} = \frac{20,764}{0,745} = 27,79 \text{ kVA}$$

Công suất phản kháng $Q_1 = S_1 \cdot \sin \varphi_{\Sigma} = 27,79 \cdot 0,671 = 18,48 \text{ kVAr}$

Tính toán tương tự cho các phân xưởng khác, kết quả ghi trong bảng vd.1.8.b

Bảng 1.8.b. Kết quả tính toán của bài 1.8

Phân xưởng	Hệ số		Công suất tính toán					
	$k_{sd\Sigma}$	k_{nc}	$\cos \varphi_{\Sigma}$	P_{cs} kW	P_{dl} kW	P_{tt} kW	Q_{tt} ,kVA r	S_{tt} ,kV A
1	0,492	0,763	0,746	2	18,764	20,764	18,48	27,8
2	0,618	0,787	0,749	2,5	45,775	48,275	42,61	64,39
3	0,61	0,775	0,797	3,25	14,8	18,05	13,69	22,65

Phụ tải tổng hợp của toàn xí nghiệp được xác định theo phương pháp hệ số nhu cầu

$$k_{sd\Sigma XN} = \frac{\sum P_i \cdot k_{nci}}{\sum P_i} = \frac{20,764 \cdot 0,492 + 48,275 \cdot 0,618 + 18,05 \cdot 0,61}{20,764 + 48,275 + 18,05} = \frac{51,08}{87,09} = 0,586$$

$$\text{Hệ số nhu cầu: } k_{nc} = k_{sd\Sigma} + \frac{1 - k_{sd\Sigma}}{\sqrt{n_{hd}}} = 0,586 + \frac{1 - 0,586}{\sqrt{3}} = 0,825$$

$$\text{Hệ số công suất tổng hợp: } \cos \varphi_{sd\Sigma} = \frac{\sum P_i \cdot \cos \varphi_i}{\sum P_i} = \frac{66,08}{87,09} = 0,758$$

Tổng công suất tác dụng của toàn xí nghiệp:

$$P_{XN} = k_{ncXN} \cdot \sum P_{tt} = 0,825(20,764 + 48,275 + 18,05) = 71,87 \text{ kW}$$

$$\text{Tổng công suất biểu kiến: } S_{XN} = \frac{P_{XN}}{\cos \varphi_{XN}} = \frac{71,87}{0,758} = 94,71 \text{ kVA;}$$

$$\text{Tổng công suất phản kháng: } Q_{XN} = S_{XN} \cdot \sin \varphi_{XN} = 94,71 \cdot 0,65 = 61,69 \text{ kVAr.}$$

Bài 1.9. Hãy xác định phụ tải tính toán cho một chung cư 12 tầng, mỗi tầng có 15 căn hộ, trong đó 10 căn hộ có diện tích trên 100 m², số còn lại có diện tích nhỏ hơn, công suất tiêu thụ trung bình của mỗi hộ lớn (trên 100 m²) là $p_0 = 1,5 \text{ kW}$ và của mỗi căn hộ nhỏ là 1,2 kW; toàn bộ chung cư có 6 thang máy công suất của mỗi thang máy là 7 kW với hệ số tiếp điện $\varepsilon = 0,8$. Coi xác suất đóng trung bình của các thiết bị điện gia dụng ở các giờ cao điểm ngày là

$p^n = 0,35$ và cao điểm đêm là $p^d = 0,7$. Diện tích chiếu sáng chung là 375 m^2 , với suất công suất chiếu sáng trung bình là $p_{0,c.s} = 25 \text{ W/m}^2$.

Giải: Tổng số hộ gia đình $n = 12 \times 15 = 180$ hộ

Hệ số đồng thời của phụ tải sinh hoạt toàn chung cư với

$$k_{dt}^n = p^n + 1,5 \cdot \sqrt{\frac{p^n(1-p^n)}{n}} = 0,35 + 1,5 \sqrt{\frac{0,35 \cdot (1 - 0,35)}{180}} = 0,4$$

$$k_{dt}^d = 0,7 + 1,5 \sqrt{\frac{0,7 \cdot (1 - 0,7)}{180}} = 0,75;$$

Toàn chung cư có $12 \times 10 = 120$ căn hộ lớn và $12 \times 5 = 60$ căn hộ bé, vậy phụ tải sinh hoạt của toàn chung cư

$$P_{sh}^n = k_{dt}^n \sum p_0 n_i = 0,4 \cdot (1,5 \cdot 120 + 1,2 \cdot 60) = 101,64 \text{ kW}$$

$$P_{sh}^d = k_{dt}^d \sum p_0 n_i = 0,75 \cdot (1,5 \cdot 120 + 1,2 \cdot 60) = 189,31 \text{ kW}$$

Công suất của các thang máy quy về chế độ làm việc dài hạn

$$P_{tm}^n = P_{n,tm} \sqrt{\varepsilon} = 7 \cdot \sqrt{0,8} = 6,26 \text{ kW}$$

Tổng công suất của các thang máy

$$P_{\Sigma tm} = k_{nc,tm} \cdot \sum P_{tm} = 0,58 \cdot 6 \cdot 6,26 = 21,79 \text{ kW}$$

(Hệ số nhu cầu của thang máy tra theo bảng 4.pl.) [1]. Với số thang máy là 6 đối với nhà cao 12 tầng hệ số $k_{nc,tm} = 0,58$. Đối với thang máy, có thể coi hệ số tham gia vào cực đại ở các giờ cao điểm là như nhau và bằng 1, tức là $P_{tm}^n = P_{tm}^d = 21,79 \text{ kW}$

Công suất chiếu sáng: $P_{cs} = 0,025 \cdot 375 = 9,375 \text{ kW}$

Phụ tải tổng hợp của toàn chung cư xác định theo phương pháp số gia

Bảng 1.9. Số liệu về phụ tải tính toán của các nhóm ở các giờ cao điểm

Công suất ở giờ cao điểm, kW	Phụ tải sinh hoạt		Thang máy		Chiếu sáng	
	P_{sh}^n	P_{sh}^d	P_{tm}^n	P_{tm}^d	P_{cs}^n	P_{cs}^d
	101,64	189,31	21,79	21,79	0	9,375

Phụ tải tổng giữa hai nhóm phụ tải thang máy và chiếu sáng

$$P_{s,d}^d = 21,79 + \left[\left(\frac{9,375}{5} \right)^{0,04} - 0,41 \right] \cdot 9,375 = 27,56 \text{ kW};$$

Phụ tải tổng hợp của toàn điểm dân cư

$$P_{\Sigma}^n = 101,64 + \left[\left(\frac{21,79}{5} \right)^{0,04} - 0,41 \right] \cdot 21,79 = 115,81 \text{ kW};$$

$$P_{\Sigma}^d = 189 + \left[\left(\frac{27,55}{5} \right)^{0,04} - 0,41 \right] \cdot 27,55 = 207,52 \text{ kW};$$

Như vậy công suất tính toán sẽ là

$$P_{ii} = \text{Max}(P_{\Sigma}^n; P_{\Sigma}^d) = \text{Max}(115,82; 207,52) = 207,52 \text{ kW}$$

Căn cứ vào kết quả tính toán $P^n/P^d = 0,568$ ta tra bảng 3.pl.BT xác định được hệ số công suất của chung cư $\cos\varphi = \cos\varphi^d = 0,92$. Vậy công suất biểu kiến sẽ là

$$S = \frac{P_{ii}}{\cos\varphi} = \frac{207,2}{0,92} = 225,22 \text{ kVA}.$$

Bài 1.10: Xây dựng mô hình dự báo phụ tải dạng tuyến tính theo 2 phương pháp và đánh giá sai số của các mô hình tìm được, biết sự tiêu thụ điện năng của các năm của mỗi hộ gia đình nông thôn như sau:

Bảng 1.10.a. Điện năng tiêu thụ trung bình của các hộ gia đình qua các năm

Năm thứ	1	2	3	4	5	6	7
A, kWh/hộ	521	545	579	625	689	768	845

Giải: Ta giải bài toán theo 2 phương pháp

a, Xác định mô hình dự báo dạng

$$P_i = a + bt;$$

Bài toán được giải dưới dạng bảng (bảng 1.10.b), từ kết quả trong bảng ta xác định:

Giá trị trung bình (kỳ vọng toán):

$$t_{th} = \frac{\sum t_i}{n} = \frac{28}{7} = 4; \quad A_{th} = \frac{\sum A_i}{n} = \frac{4573}{7} = 653,29 \text{ kWh}$$

Phương sai:

$$D(A) = \frac{\sum \Delta A^2}{n-1} = \frac{86469,43}{7-1} = 14411,57 \rightarrow \sigma(A) = \sqrt{D(A)} = \sqrt{14411,57} = 120,05$$

$$D(t) = \frac{\sum \Delta t^2}{n-1} = \frac{28}{7-1} = 4,67 \rightarrow \sigma(t) = \sqrt{D(t)} = \sqrt{4,67} = 2,16$$

Mômen tương quan:

$$\mu_{A,t} = \frac{\sum(\Delta A \cdot \Delta t)}{n-1} = \frac{1525}{6} = 254,167$$

Bảng 1.10.b. Số liệu tính toán bài 1.10

Năm	t	A	$\Delta t = t - t_{tb}$	$\Delta A = A - A_{tb}$	$\Delta t \cdot \Delta A$	Δt^2	ΔA^2
1997	1	521,00	-3,00	-131,29	393,87	9,00	17237,06
1998	2	545,00	-1,00	-108,29	216,58	4,00	11726,72
1999	3	579,00	-1,00	-74,29	74,29	1,00	5519,00
2001	4	625,00	0,00	-28,29	0,00	0,00	800,32
2002	5	689,00	1,00	35,71	35,71	1,00	1275,20
2003	6	768,00	1,00	114,71	229,42	4,00	13158,38
2004	7	845,00	3,00	191,71	575,13	9,00	36751,72
Tổng	28	4573	24,00		1525,00	28,00	86469,43

Mô hình dự báo tuyến tính có dạng:

$$A = \frac{\mu(A,t)}{D(t)} (t - t_{tb}) + A_{tb} = \frac{254,167}{4,67} (t - 4) + 653,29 =$$

$$A_t = 435,43 + 54,46.t$$

Đánh giá mức độ tin cậy của hàm dự báo

Với hệ số tương quan là $r_{A,t} = \frac{\mu(A,t)}{\sigma_A \cdot \sigma_t} = \frac{254,167}{120,05 \cdot 2,16} = 0,98$

có thể nhận thấy là hàm tương quan khá chặt chẽ.

Giá trị hàm Student được xác định theo biểu thức

$$t = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0,98 \cdot \sqrt{7-2}}{\sqrt{1-0,98^2}} = 11,03 > t_{0,001} = 6,86 \text{ (bảng 51.pl) [1]}$$

Như vậy có thể nói hàm dự báo có độ tin cậy là 99,9% ($1 - 0,001 = 0,999$)

b) Xác định mô hình dự báo dạng (1.22): $P_0[1 + \alpha \cdot (t - t_0)]$

Chọn năm cơ sở là năm 2004 tức là năm thứ 7 ($t_0=7$)

Xác định suất tăng phụ tải hàng năm

$$\alpha_1 = \frac{A_{i+1} - A_i}{A_i} = \frac{A_2 - A_1}{A_1} = \frac{545 - 521}{521} = 0,046$$

Tính toán tương tự cho các năm khác, kết quả ghi trong bảng

$$\alpha_{tb} = \frac{\sum \alpha_i}{n} = \frac{0,505}{6} = 0,084$$

Vậy mô hình dự báo có dạng $A_t = 845.[1+0.084(t-7)]$

Xác định phụ tải theo mô hình dự báo

* Theo mô hình 1: $A^I_1 = 435,43 + 54,46.1 = 489,88$ kWh

* Theo mô hình 2: $A^{II}_1 = 845.[1+0,084.(1-7)] = 419,12$ kWh;

Sai số của hàm dự báo năm thứ 1;

Theo mô hình 1 $\delta^I_1 = A_1 - A^I_1 = 521 - 489,88 = 31,12$ kWh;

- Theo mô hình 1 $\delta^{II}_1 = A_1 - A^{II}_1 = 521 - 419,12 = 101,88$ kWh

Tính toán tương tự cho các năm khác, kết quả ghi trong bảng 1.10.c

Bảng 1.10.c. Số liệu tính toán sai số dự báo bài 1.10

TT	A	α	$A_{đh1}$	$A_{đh2}$	δ^I_1	δ^{II}_1	$(\delta^I_1)^2$	$(\delta^{II}_1)^2$
1	521,00	0,05	489,88	419,12	31,12	101,88	968,45	10379,53
2	545,00	0,06	544,34	490,1	0,66	54,9	0,44	3014,01
3	579,00	0,08	598,8	561,08	-19,8	17,92	392,04	321,13
4	625,00	0,10	653,26	632,06	-28,26	-7,06	798,63	49,84
5	689,00	0,11	707,72	703,04	-18,72	-14,04	350,44	197,12
6	768,00	0,10	762,18	774,02	5,82	-6,02	33,87	36,24
7	845,00		816,64	845	28,36	0	804,29	0,00
Σ		0,505					3348,16	13997,88

Sai số trung bình của hàm dự báo được xác định bằng biểu thức:

$$\delta_{\varepsilon 11} = \frac{100}{A_{tb}} \sqrt{\frac{\sum \delta_i^2}{n}} = \frac{100}{653,29} \sqrt{\frac{3348,16}{7}} = 3,35\%$$

$$\delta_{\varepsilon 12} = \frac{100}{A_{tb}} \sqrt{\frac{\sum \delta_i^2}{n}} = \frac{100}{653,29} \sqrt{\frac{13997,88}{7}} = 6,85\%$$

Như vậy có thể nhận thấy mô hình dự báo 1 có sai số nhỏ hơn, tuy nhiên do đơn giản nên trong thực tế mô hình 2 cũng vẫn thường được áp dụng.

Bài 1.11. Xây dựng hàm dự báo điện năng dạng parabol của một cơ sở, biết số liệu thống kê về lượng điện năng tiêu thụ qua các năm như sau:

Năm	1999	2000	2001	2002	2003
A . 10 ³ (kWh)	680,778	692,547	710,214	717,423	735,216

Giải: Mô hình dự báo parabol là hàm bậc 2 dạng.

$$A = a + b.t + c. t^2$$

Các hệ số tính toán xác định theo phương pháp bình phương cực tiểu.

Bảng 1.11.a. Số liệu tính toán xác định các hệ số a, b, c

Năm	t	t ²	t ³	t ⁴	A.10 ³	A.t	A.t ²
1999	1	1	1	1	680.778	680778	680778
2000	2	4	8	16	692.547	1385094	2770188
2001	3	9	27	81	710.214	2130642	6391926
2002	4	16	64	256	717.423	2869692	11478768
2003	5	25	125	625	735.216	3676080	18380400
Tổng	15	55	225	979	3536178	10742286	39702060

Ta có hệ phương trình:

$$\begin{cases} c.\sum t^4 + b.\sum t^3 + a.\sum t^2 = \sum A.t^2 \\ c.\sum t^3 + b.\sum t^2 + a.\sum t = \sum A.t \\ c.\sum t^2 + b.\sum t + n.a = \sum A \end{cases}$$

Thay số vào ta có:

$$\begin{cases} 979.c + 225.b + 55.a = 3970260 \\ 225.c + 55.b + 15.a = 10742286 \\ 55.c + 15.b + 5.a = 3536178 \end{cases}$$

Giải ra ta được: $c = 113,57$; $b = 12693,8$; $a = 667904,9$

Vậy hàm dự báo là:

$$A = 667904,9 + 12693,8.t + 113,57.t^2$$

* Đánh giá độ tin cậy của hàm dự báo

Xác định hệ số tương quan:

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^5 (t_i - t_{TB})^2}{\sum_{i=1}^5 (A_i - A_{tb})^2}} = \sqrt{1 - \frac{10}{1811,316}} = 0,993 ,$$

trong đó:

A_i - điện năng tiêu thụ của năm thứ i ;

A_{tb} - giá trị trung bình.

Bảng 1.11.b. Số liệu tính toán sai số của hàm dự báo.

Năm	$A \cdot 10^3$	$A_{DB} \cdot 10^3$	$\delta_i \cdot 10^3$	$\delta_i^2 \cdot 10^6$
1999	680.778	680,712	0,066	0,004
2000	692.547	693,747	-1,199	1,439
2001	710.214	707,008	3,206	10,275
2002	717.423	720,497	-3,074	9,450
2003	735.216	734,213	1,003	1,005
Tổng	3536,178	3536,178		22,176

$$t_{tb} = \frac{\sum t_i}{n} = \frac{15}{5} = 3; \quad A_{tb} = \frac{\sum A_i}{n} = \frac{3536178}{5} = 707235,6 \text{ kWh};$$

Giá trị hàm Student $t = \frac{\eta \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-\eta^2}} = \frac{0,993 \cdot \sqrt{5-2}}{\sqrt{1-0,993^2}} = 15,55 > t_{0,001} = 12,94$; (bảng

51.pl)[1]

Như vậy hàm dự báo tin cậy ở mức ý nghĩa 0,001, tức là với độ tin cậy bằng $1 - 0,001 = 0,999$ hay 99,9%.

Đánh giá sai số dự báo:

Sai số của hàm dự báo năm thứ 1;

$$\delta_1 = A_1 - A_{DB1} = 680,778 - 680,712 = -0,066 \text{ kWh}$$

A_{DBi} - điện năng tiêu thụ năm thứ i , xác định theo hàm dự báo.

Sai số trung bình của hàm dự báo được xác định bằng biểu thức:

$$\delta_{\text{et}} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum \delta_i^2} = \sqrt{\frac{22,176 \cdot 10^6}{5}} = 2106 \text{ kWh}$$

Chọn năm 1999 làm cơ sở với $t = 1$ ta có

$$A_1 = 680778 \text{ kWh}$$

$$A_{DB1} = 667904,9 + 12693,8 \cdot 1 + 113,57 \cdot 1^2 = 680712 \text{ kWh}$$

$$\delta_1 = 680778 - 680712 = 65,73 \text{ kWh}$$

Tính toán tương tự ta có kết quả ghi trong bảng 1.11.b.

Sai số tương đối trung bình của hàm dự báo:

$$\delta \% = \frac{\delta}{P_{\text{th}}} 100 = \frac{2106}{707235,6} 100 = 0,298\%$$

Nhân xét: Kết quả tính toán cho thấy hàm dự báo có mức độ tin cậy cao, lượng điện năng dự báo là hoàn toàn tin cậy với mức độ sai số khoảng 0,298 %.

Bài 1.12: Xây dựng mô hình dự báo phụ tải dạng parabol, đánh giá sai số dự báo và xác định khoảng tin cậy của điện năng dự báo, biết sự tiêu thụ điện năng của các năm của một khu vực như sau:

Năm	99	00	01	02	03	04
A kWh/hộ	397	420	454	500	564	643

Giải: Tính toán tương tự như bài 1.10 ta được mô hình dự báo dạng:

$$A = 390,7 - 0,26 \cdot t + 7,02 \cdot t^2$$

Đánh giá sai số: Căn cứ vào mô hình dự báo tìm được ta xác định phụ tải dự báo $A_{đb}$ và so sánh với số liệu thống kê A_i , từ đó xác định sai số trung bình của mô hình dự báo, kết quả tính toán ghi trong bảng 1.12.a. sau

Bảng 1.12.a. Số liệu tính toán sai số của mô hình dự báo bài 1.12

Năm	t	A_i	$A_{đb}$	$\delta_i = A_i - A_{đb}$	δ_i^2
1999	1	397	397,46	-0,46	0,212
2000	2	420	418,26	1,74	3,028
2001	3	454	453,10	0,90	0,810
2002	4	500	501,98	-1,98	3,920
2003	5	564	564,90	-0,90	0,810
2004	6	643	641,86	1,14	1,230
Tổng					10,08

Xác định sai số trung bình của hàm dự báo:

$$\delta_{ct} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum \delta_i^2} = \sqrt{\frac{10,08}{6}} = 1,296$$

Sai số dự báo

$$\delta_i = \delta_{ct} \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{2-\alpha} \cdot [1 + 4 \cdot (1-\alpha) + 5 \cdot (1-\alpha)^2 + 2\alpha \cdot (4-3\alpha) \cdot l + 2\alpha^2 \cdot l^2]}$$

$$\alpha = \frac{2}{n+1} = \frac{2}{7} = 0,286$$

ứng với năm 2005 ta có $l=1$

$$\begin{aligned} \delta_{04} &= 1,296 \cdot \sqrt{\frac{0,286}{2-0,286} \cdot [1 + 4 \cdot (1-0,286) + 5 \cdot (1-0,286)^2 + 2 \cdot 0,286 \cdot (4-3 \cdot 0,286) \cdot 1 + 2 \cdot 0,286^2 \cdot 1^2]} \\ &= 0,889 \end{aligned}$$

Điện năng dự báo ở năm 2005

$$A_{đb05} = 390,7 - 0,26 \cdot 7 + 7,02 \cdot 7^2 = 732,86 \text{ kWh}$$

Sai số dự báo tương đối ở năm 2005

$$\delta\% = \frac{\delta_{04}}{A_{db05}} \cdot 100 = \frac{0,889}{732,86} \cdot 100 = 0,121\%$$

Khoảng tin cậy của hàm dự báo: $A = A_{db} \pm 3\delta_i$

$$A_{d(0)} = 732,86 - 3 \cdot 0,889 = 730,9; \quad A_{d(10)} = 732,86 + 3 \cdot 0,889 = 735,53 \text{ kWh};$$

Tính toán tương tự cho các năm dự báo khác, kết quả ghi trong bảng 1.12.b sau:

Bảng 1.12.b. Số liệu tính toán khoảng tin cậy của dự báo

Năm	TT	Sai số		Khoảng tin cậy của điện năng dự báo, kWh		
		kWh	Tương đối	Tính toán	Giới hạn dưới	Giới hạn trên
		δ_i	$\delta\%$	A_{dbi}	A_d	A_i
2005	1	0,889	0,121	732,86	730,19	735,53
2006	2	1,078	0,129	837,91	834,67	841,13
2007	3	1,266	0,132	956,98	953,18	960,78
2008	4	1,466	0,135	1090,12	1085,70	1094,50
2009	5	1,675	0,135	1237,26	1232,23	1242,29
2010	6	1,890	0,135	1398,46	1392,79	1404,13
2011	7	2,108	0,134	1573,74	1567,38	1580,02
2012	8	2,329	0,132	1762,98	1755,99	1769,97
2013	9	2,552	0,130	1966,35	1958,64	1973,96

Bài 1.13: Xác định hàm tương quan tuyến tính giữa mức tăng trưởng phụ tải (A) và mức tăng năng suất của một xí nghiệp (X) và đánh giá độ tin cậy dưới góc độ thông tin, biết số liệu thống kê cho trong bảng sau:

TT	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	6	8,56	11,39	13,67	15,32	15,86	16,46	16,92	17,67
X	3,2	4,5	6,32	7,5	8,2	8,62	9,02	9,43	9,78

Giải: Bài toán được giải dưới dạng bảng, từ kết quả trong bảng ta xác định:

Giá trị trung bình (kỳ vọng toán):

$$X_{tb} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{66,57}{9} = 7,4; \quad A_{tb} = \frac{\sum A_i}{n} = \frac{121,85}{9} = 13,54 \text{ kWh}$$

Bảng 1.13.a. Số liệu tính toán bài toán 1.13

t	X	A	$\Delta X = X - X_{\text{th}}$	$\Delta A = A - A_{\text{th}}$	$\Delta X \cdot \Delta A$	ΔX^2	ΔA^2
1	3,2	6	-3,99	-6,9	27,531	15,9201	47,61
2	4,5	8,56	-2,69	-4,34	11,6746	7,2361	18,8356
3	6,32	11,39	-0,87	-1,51	1,3137	0,7569	2,2801
4	7,5	13,67	0,31	0,77	0,2387	0,0961	0,5929
5	8,2	15,32	1,01	2,42	2,4442	1,0201	5,8564
6	8,62	15,86	1,43	2,96	4,2328	2,0449	8,7616
7	9,02	16,46	1,83	3,56	6,5148	3,3489	12,6736
8	9,43	16,92	2,24	4,02	9,0048	5,0176	16,1604
9	9,78	17,67	2,59	4,77	12,3543	6,7081	22,7529
	66,57	121,85			75,3089	42,1488	135,5235

Phương sai:

$$D(A) = \frac{\Sigma \Delta A^2}{n-1} = \frac{135,52}{9-1} = 16,48 \rightarrow \sigma(A) = \sqrt{D(A)} = \sqrt{16,48} = 4,06$$

$$D(X) = \frac{\Sigma \Delta X^2}{n-1} = \frac{42,15}{9-1} = 5,22 \rightarrow \sigma(t) = \sqrt{D(t)} = \sqrt{5,22} = 2,28$$

Mômen tương quan:

$$\mu_{A,t} = \frac{\Sigma(\Delta A \cdot \Delta X)}{n-1} = \frac{75,31}{8} = 9,27$$

Mô hình dự báo tuyến tính có dạng:

$$A = \frac{\mu(A, X)}{D(X)} (X - X_{\text{th}}) + A_{\text{th}} = \frac{9,27}{5,22} (X - 7,4) + 13,54 = 0,412 + 1,775 \cdot X$$

Vậy hàm tương quan có dạng:

$$A = 0,412 + 1,775 \cdot X$$

Đánh giá mức độ tin cậy của hàm dự báo

Với hệ số tương quan là

$$r_{A,t} = \frac{\mu(A, X)}{\sigma_A \cdot \sigma_X} = \frac{9,27}{4,06 \cdot 2,28} = 0,99$$

có thể coi là hàm tương quan khá chặt chẽ.

Giá trị hàm Student được xác định theo biểu thức

$$t = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0,99 \cdot \sqrt{9-2}}{\sqrt{1-0,99^2}} = 54,81 > t_{0,001} = 5,4 \text{ (bảng 51.pl) [1]}$$

Như vậy có thể nói hàm dự báo có độ tin cậy là 99,9% ($1 - 0,001 = 0,999$)

Đánh giá độ tin cậy dưới góc độ thông tin:

Giả sử cho một dung sai $\varepsilon = 0,2$, trước hết ta xác định giá trị $A_{i,q}$ theo hàm tương quan vừa tìm được

$$A = 0,412 + 1,775 \cdot X;$$

với $X_1 = 3,2$ ta có $A_1 = 0,412 + 1,775 \cdot 3,2 = 6,092$, tính toán tương tự, kết quả ghi trong bảng 1.13.b.

Bảng 1.13.b. Số liệu tính toán độ tin cậy bài 1.13

t	A	$A_{i,q}$	$P_{(A/X)}$	$\log_2 P_{(A/X)}$	$P_{(A/X)} \cdot \log_2 P_{(A/X)}$
1	6	6,092	0,985	-0,022	-0,0219
2	8,56	8,400	0,981	-0,027	-0,0268
3	11,39	11,630	0,979	-0,031	-0,0301
4	13,67	13,725	0,996	-0,006	-0,0057
5	15,32	14,967	0,977	-0,034	-0,0329
6	15,86	15,713	0,991	-0,013	-0,0134
7	16,46	16,423	0,998	-0,003	-0,0033
8	16,92	17,150	0,986	-0,020	-0,0195
9	17,67	17,772	0,994	-0,008	-0,0083
Σ					-0,1618

Xác định giá xác suất có điều kiện của A khi đã biết thông tin về X_1

$$P_{(A/X_1)} = 1 - \frac{|A - A_{i,q}|}{A} = 1 - \frac{6 - 6,092}{6} = 0,985;$$

$$\log_2(P_{(A/X_1)}) = 3,322 \cdot \lg(P_{(A/X_1)}) = 3,322 \cdot (-0,007) = -0,022;$$

$$P_{(A/X_1)} \cdot \log_2(P_{(A/X_1)}) = 0,985 \cdot (-0,022) = -0,0219$$

Tính toán tương tự cho các năm khác, kết quả ghi trong bảng 1.13.b.

Từ kết quả tính toán ở bảng 1.13.b ta dễ dàng xác định được entropi có điều kiện của A khi đã biết các X_i .

$$H(A/X) = - \sum_{i=1}^n p_{(X_i)} \cdot \log_2 p_{(A/X_i)} = 0,1618$$

Xác định xác suất $p_{(A_i)}$ xuất hiện của đại lượng A_i : Trong tổng số $n = 9$ lần quan sát, số lần xuất hiện mỗi giá trị A_i là 1 vậy xác suất xuất hiện của mỗi giá trị A_i là $p_{(A_i)} = 1/9$

Xác định entropi của tập quan sát A_i ;

$$H(A) = - \sum p_{(A_i)} \cdot \log_2(p_{(A_i)}) = \log_2(9) = 3,322 \lg(9) = 3,322 \cdot \lg(9) = 3,322 \cdot 0,954 = 3,17;$$

$$\text{Xác định giá trị } \varepsilon_{it} = \frac{H(A/X)}{H(A)} = \frac{0,1618}{3,175} = 0,051 < 0,2$$

Như vậy có thể coi lượng thông tin do X mang lại đối với A là đáng quan tâm.

Bài 1.14: Xây dựng hàm dự báo theo mô hình logistic và xác định phụ tải dự báo ở năm 2011; đánh giá sai số của mô hình dự báo, coi công suất bão hoà là 3000 W/hộ, biết suất tiêu thụ trung bình của mỗi hộ gia đình qua các năm như sau:

năm	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
P, W/hộ	532	563	590	623	654	692	732

Giải: Trước hết ta xác định các tham số của hàm logistic:

Chọn $P_b = 3000$, $P_0 = 532$ ta có

$$A = P_b \cdot P_0 = 3000 \cdot 532 = 1596000$$

$$B = P_b - P_0 = 3000 - 532 = 2468$$

Xác định suất gia tăng hàng năm:

$$a_i = \frac{P_{i+1} - P_i}{P_i} \rightarrow a_1 = \frac{P_2 - P_1}{P_1} = \frac{563 - 532}{532} = 0,06$$

$$a_2 = 0,05; a_3 = 0,6; a_4 = 0,05; a_5 = 0,06; a_6 = 0,06$$

$$\rightarrow a = \sqrt[6]{\prod_i a_i} = 0,054$$

Vậy hàm dự báo có dạng

$$P_t = \frac{1596000}{532 + 2468.e^{-0,054.t}} ;$$

Xác định giá trị phụ tải dự báo ở năm 2011

Tại năm 1997 có $t = 0$ vậy ứng với năm 2011 $t = 14$ do đó

$$P_{14} = \frac{1596000}{532 + 2468.e^{-0,054.14}} = 953 \text{ W/hộ}$$

Đánh giá sai số của mô hình

$$\delta P = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{n}} = \sqrt{\frac{3117,35}{7}} = 21,1 \text{ W}$$

Bảng 1.14.a. Số liệu tính toán sai số dự báo bài toán 1.14.

tt	P, W/hộ	\bar{P}	P - \bar{P}	$(P - \bar{P})^2$
0	532,00	532	0,00	0,00
1	563,00	556,4973	6,50	42,29
2	590,00	581,8566	8,14	66,31
3	623,00	608,084	14,92	222,49
4	654,00	635,183	18,82	354,08
5	692,00	663,1549	28,85	832,04
6	732,00	691,9982	40,00	1600,15
Σ	$P_{tb} = 626,57$			3117,35

Sai số tương đối $\delta P\% = \frac{\delta P}{M(P)} 100 = \frac{21,1}{626,57} 100 = 3,37 \%$

3. BÀI TẬP

1.1: Số liệu thống kê các thiết bị điện trong hộ gia đình cho trong bảng sau, trong đó P là công suất định mức của thiết bị, t là thời gian sử dụng trung bình mỗi ngày (đối với bàn là chỉ sử dụng 3 ngày một lần, mỗi lần 30 phút, tức mỗi ngày trung bình 10 phút bằng 0,17 h). Hãy xác định công suất tính toán của hộ gia đình, coi các thiết bị tạo nhiệt có hệ số mang tải bằng 1, còn các thiết bị khác lấy bằng 0,8.

Bảng vd1.1. Số liệu thống kê các thiết bị điện trong hộ gia đình

TT	Tên thiết bị	Số lượng	P, W	t, h	k_{mt}
1	Đèn sợi đốt	3	75	6,00	1
2	Đèn ống dài	5	45	7,00	1
3	Đèn ống ngắn	2	22	6,00	1
4	Quạt bàn	2	80	7,00	0,8
5	Quạt tường	2	80	4,00	0,8
6	Quạt trần	3	120	5,00	0,8
7	Tivi	1	100	8,00	0,8
8	Radiocasset	1	20	3,00	0,8
9	Bơm nước	1	250	0,50	0,8
10	Tủ lạnh	1	180	15,00	0,8
11	Nồi cơm điện	1	850	1,00	1
12	Ấm điện	1	1000	0,50	1
13	Ổn áp	1	15	11,00	0,8
14	Bàn là	1	1000	0,17	1
15	Lò vi sóng	1	2000	0,3	1
16	Máy điều hoà	1	2500	4	1

1.2. Tính toán phụ tải sinh hoạt cho một cụm dân cư với 215 hộ gia đình, biết công suất tiêu thụ trung bình của mỗi hộ gia đình là 920 W, xác suất đóng trung bình ở giờ cao điểm đêm là $p^d = 0,70$ và ở cao điểm ngày là $p^n = 0,32$.

1.3. Xác định phụ tải của một nhóm thiết bị động lực có các tham số cho trong bảng sau theo 2 phương pháp: hệ số nhu cầu và hệ số cực đại; đánh giá sai số giữa 2 phương pháp.

P_n, kW	2,2	7,5	5,5	10	13	10	3	13
k_{sd}	0,76	0,68	0,82	0,72	0,64	0,67	0,68	0,58

1.4. Xác định phụ tải dịch vụ công cộng của một điểm dân cư biết các số liệu của các cơ sở dịch vụ cho trong bảng sau:

Cơ sở	Trụ sở UB	Tr.xá	Tr.học	Nhà trẻ	Đường, m
Diện tích, m^2	120	96	315	88	4650

1.5. Xác định phụ tải của trạm bơm tưới cho một diện tích canh tác 1020 ha vùng đồng bằng và diện tích ngập úng là 545 ha.

1.6. Một phân xưởng sản xuất gồm các thiết bị có các tham số cho trong bảng sau

	1	2	3	4	5	6	7
P_n , kW	3	4	4,5	5	7	8	10
k_{sd}	0,66	0,72	0,63	0,48	0,58	0,62	0,55
ϵ_n	-	0,75	-	-	0,82	-	-
$\cos\varphi$	0,78	0,82	0,78	0,7	0,74	0,78	0,74

Trong đó có 2 thiết bị làm việc theo chế độ ngắn hạn lặp lại với hệ số tiếp điện ϵ_n . Thiết bị lớn nhất là một động cơ có hệ số mở máy $k_{mm} = 4,5$. Hãy xác định công suất tính toán S_{tt} ; công suất trung bình và công suất cực đại đỉnh nhọn của phân xưởng.

1.7. Một điểm dân cư gồm 165 hộ gia đình, công suất tiêu thụ trung bình của mỗi hộ gia đình là 750 W, xác suất đóng trung bình ở giờ cao điểm đêm là $p^d = 0,72$ và ở cao điểm ngày là $p^n = 0,32$. Các thiết bị động lực gồm 8 máy với các thông số công suất định mức và hệ số sử dụng cho trong bảng sau:

P_n , kW	2,2	4	6,5	7,5	8	13	10	13
k_{sd}	0,68	0,74	0,62	0,68	0,73	0,54	0,47	0,46

Diện tích của các công trình công cộng là:

Cơ sở	Trụ sở UB	Tr.xá	Tr.học	Nhà trẻ	Đường, m
Diện tích, m ²	98	105	245	96	3570

Hãy xác định phụ tải tính toán của điểm dân cư, biết hệ số tham gia vào cực đại ở các giờ cao điểm ngày và đêm của phụ tải động lực tương ứng là $k_{IM}^n = 1$ và $k_{IM}^d = 0,6$

1.8. Hãy xác định phụ tải tính toán cho một xí nghiệp gồm 3 phân xưởng sản xuất với các thiết bị động lực có các tham số cho trong bảng sau:

Bảng dữ kiện bài toán 1.8

Phân. xưởng	1	2	3
D.tích cs, m ²	96	135	150

TT	PX. I			PX. II			PX. III		
	P, kW	k_{sd}	$\cos \varphi$	P, kW	k_{sd}	$\cos \varphi$	P, kW	k_{sd}	$\cos \varphi$
1.	1,5	0,65	0,75	2,2	0,78	0,78	0,8	0,78	0,78
2.	2,2	0,68	0,76	3	0,81	0,82	1,1	0,82	0,82
3.	4	0,73	0,78	6	0,8	0,78	1,5	0,81	0,8
4.	3	0,74	0,77	7,5	0,67	0,71	3	0,79	0,78
5.	5,5	0,66	0,73	10	0,58	0,67	5,5	0,68	0,77
6.	7,5	0,53	0,69	12	0,68	0,69	7,5	0,56	0,74
7.				5,5	0,76	0,8	4	0,68	0,7
8.				3	0,65	0,68	10	0,45	0,65
9.							5,5	0,68	0,71

1.9. Hãy xác định phụ tải tính toán cho một chung cư 15 tầng, mỗi tầng có 20 căn hộ, trong đó 12 căn hộ có diện tích trên $100 m^2$, số còn lại có diện tích nhỏ hơn, công suất tiêu thụ trung bình của mỗi hộ lớn (trên $100 m^2$) là $p_0 = 1,4 kW$ và của mỗi căn hộ nhỏ là $1,2 kW$; toàn bộ chung cư có 8 thang máy công suất của mỗi thang máy là $7,5 kW$ với hệ số tiếp điện $\varepsilon = 0,8$. Coi xác suất đóng trung bình của các thiết bị điện gia dụng ở các giờ cao điểm ngày là $p^n = 0,38$ và cao điểm đêm là $p^d = 0,7$. Diện tích chiếu sáng chung là $405 m^2$, với suất công suất chiếu sáng trung bình là $p_{ocS} = 28 W/m^2$.

1.10: Xây dựng mô hình dự báo phụ tải dạng tuyến tính, biết sự tiêu thụ điện năng qua các năm của một hộ gia đình như sau:

Năm thứ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A, kWh	902,8	956,45	1002,23	1125,47	1210,34	1270,67	1349,56	1497,23	1502,36

1.11. Xây dựng hàm dự báo điện năng dạng parapol, biết số liệu thống kê về lượng điện năng tiêu thụ qua các năm như sau:

Năm	1999	2000	2001	2002	2003	2004
A (kWh)	845	1182	1618	1960	2388	2757

1.12. Hãy xây dựng hàm dự báo điện năng dạng parapol theo số liệu thống kê về lượng điện năng tiêu thụ qua các năm cho trong bảng sau: Đánh giá sai số dự báo và xác định khoảng tin cậy của điện năng dự báo.

Năm	2000	2001	2002	2003	2004
A . 10 ³ kWh	625,93	875,56	1198,52	1451,85	1768,89

1.13: Xác định hàm tương quan tuyến tính giữa mức tăng trưởng phụ tải Y% và mức tăng trưởng kinh tế X% của các năm và đánh giá độ tin cậy dưới góc độ thông tin, biết số liệu thống kê cho trong bảng sau:

tt	1	2	3	4	5	6
X, %	3	4,5	6,5	7,5	8,2	8,6
Y, %	6	8	10	12	14	15

1.14: Xây dựng hàm dự báo theo mô hình logistic và xác định phụ tải dự báo ở năm 2015; đánh giá sai số của mô hình dự báo, coi công suất bảo hoà là 3000 W/hộ, biết suất tiêu thụ trung bình của mỗi hộ gia đình qua các năm như sau:

năm	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
P, W/hộ	875,40	935,67	987,45	1046,36	1120,23	1188,93	1267,58

Chương 2

TÍNH TOÁN KINH TẾ - KỸ THUẬT

1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1.1. Mô hình toán học của các phần tử hệ thống điện

Chi phí quy đổi là tổng chi phí quy về một năm của công trình, được xác định theo biểu thức

$$Z = a_{ic} V + C_{\Sigma} , \quad (2.1)$$

trong đó:

V - vốn đầu tư thiết bị;

a_{ic} - hệ số tiêu chuẩn sử dụng hiệu quả vốn đầu tư $a_{ic} = 1/T_{ic}$;

T_{ic} - thời gian thu hồi vốn đầu tư tiêu chuẩn;

C_{Σ} - tổng chi phí hàng năm:

$$C_{\Sigma} = C_{kh} + C_{vh} + C_{ht} + C_k,$$

C_{kh} - chi phí khấu hao thiết bị:

$$C_{kh} = \sum k_{khi} \cdot V_i$$

k_{khi} - tỷ lệ khấu hao của thiết bị thứ i ;

C_{vh} - chi phí vận hành và sửa chữa nhỏ (chi phí O&M).

$$C_{vh} = k_{O\&M} V$$

$k_{O\&M}$ - tỷ lệ vận hành và sửa chữa nhỏ (cho trong bảng 5.pl.a) [1];

hoặc
$$C_{vh} = 12G.m$$

G - tiền lương tháng của công nhân vận hành;

m - số công nhân vận hành;

C_{ht} - chi phí hao tổn điện năng

$$C_{ht} = \Delta A \cdot c_{\Delta}$$

ΔA - tổn thất điện năng, kWh;

c_{Δ} - giá thành tổn thất điện năng, đ/kWh;

C_k - các chi phí phụ khác cho phục vụ, quản lý.

Khi so sánh các phương án có thể sử dụng công thức đơn giản hoá

$$Z = pV + C = pV + \Delta A \cdot c_{\Delta}; \quad (2.2)$$

$$p = a_{tc} + k_{kh}$$

$$C = C_{ht} = \Delta A \cdot c_{\Delta}$$

Đối với các công trình điện được thiết kế với chu kỳ tính toán T_c các phương án được lựa chọn trên cơ sở xác định tổng chi phí quy đổi

$$Z_{\Sigma} = \sum_{t=1}^{T_c-1} Z_t \beta^{t-1} + \frac{Z_{T_c} \beta^{T_c-2}}{i}, \quad (2.3)$$

Z_t - chi phí quy đổi năm thứ t ;

$\beta = \frac{1}{1+i}$ - hệ số quy đổi;

i - hệ số chiết khấu;

T_c - thời gian chu kỳ tính toán.

Hàm chi phí quy đổi của một số phần tử chính trong hệ thống điện

- Hàm chi phí quy đổi của đường dây có dạng

$$Z_{dd} = p_{dd}(a+bF) + C_{dd} = p_{dd}(a+bF) + 3I^2 R \tau c_{\Delta} 10^{-3}, \quad (2.4)$$

trong đó: C_{dd} - chi phí tổn thất trên đường dây;

a, b - các hệ số kinh tế cố định và thay đổi của đường dây,

F - diện tích tiết diện dây dẫn, mm^2 ;

$$p_{dd} = (a_{tc} + k_{kh})_{dd}$$

τ - thời gian hao tổn cực đại;

R - điện trở của đường dây;

I - dòng điện truyền tải trên đường dây.

c_{Δ} - giá thành hao tổn điện năng

- Chi phí quy đổi của trạm biến áp

$$Z_{BA} = p_{bu} \cdot (m + n \cdot S_{nBA}) + (\Delta P_k k_{ml}^2 \tau + \Delta P_{0t}) c_{\Delta}; \quad (2.5)$$

m, n – các hệ số số định và thay đổi của trạm biến áp;

k_{mi} - hệ số mang tải máy biến áp.

t - thời gian vận hành máy biến áp;

S_{nBA} – công suất định mức của máy biến áp;

ΔP_k – hao tổn công suất ngắn mạch;

ΔP_0 – hao tổn công suất không tải;

- Mô hình toán học của mạng điện

$$Z = \sum^h [p_{dd}(a+bF) + C_{dd}]l + \sum^k [p_{hu}(m+nS_{nBA}) + C_{ha}]; \quad (2.6)$$

h - số cấp dây dẫn;

k - số trạm biến áp.

Hay
$$Z_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 z_{ij} \quad (2.7)$$

Z_{ij} – thành phần chi phí quy đổi thứ j của phần tử thứ i .

1.2. Các phương pháp tính toán tối ưu trong hệ thống điện

1.2.1. Phương pháp so sánh các phương án theo chỉ tiêu thời gian thu hồi vốn đầu tư

$$T = \frac{\Delta V}{\Delta C} = \frac{V_1 - V_2}{C_2 - C_1} \quad (2.8)$$

$T < T_{ic}$; lấy phương án có vốn đầu tư V lớn.

$T > T_{ic}$; lấy phương án có vốn đầu tư V nhỏ.

$T = T_{ic}$; hai phương án tương đương kinh tế.

1.2.2. Phương pháp chi phí cực tiểu

$$Z_{\Sigma} = \sum_{t=1}^{T_c-1} Z_t \beta^{t-1} + \frac{Z_{T_c} \beta^{T_c-2}}{i} \quad (2.9)$$

Phương án tối ưu cũng có thể được xác định theo giá trị chi phí quy về hiện tại PVC (Present Value of Costs)

$$PVC = \sum_{t=0}^{T_c} C_t \beta^t \rightarrow \min \quad (2.10)$$

trong đó

PVC – giá trị chi phí quy về hiện tại, đ ;

C_t – chi phí bỏ ra ở năm thứ t ; đ/năm.

Nếu chi phí ở các năm $C_t = \text{const}$ thì có thể áp dụng biểu thức

$$\text{PVC} = C_t \sum_{t=0}^{T_c} \frac{1}{(1+i)^t} = C_t \left(\frac{1-(1+i)^{-T_c}}{i} \right); \quad (2.11)$$

Phương án có PVC nhỏ nhất là phương án tối ưu.

1.2.3. Phương pháp kinh điển

- Mô tả hàm mục tiêu qua các đối số cần xét:

$$Z = f(X_1, X_2..)$$

- Lấy đạo hàm của hàm mục tiêu ứng với các đối số cần xét và gán cho nó giá trị 0

$$\frac{\partial Z}{\partial X_1} = 0 ; \quad \frac{\partial Z}{\partial X_2} = 0$$

1.2.4. Phương pháp phân tích kinh tế tài chính

Giá trị tổng lãi suất trong suốt đời sống dự án quy về thời điểm hiện tại ký hiệu là NPV (Net Present Value)

$$\text{NPV} = \sum_{t=0}^{T_c} (B_t - C_t)(1+i)^{-t} = \sum_{t=0}^{T_c} L_t(1+i)^{-t}, \quad (2.12)$$

B_t ; L_t – doanh thu và lợi nhuận ở năm thứ t .

Phương án nào có NPV lớn nhất sẽ là phương án tối ưu.

1.3. Xác định một số tham số tối ưu của mạng điện

1.3.1. Mật độ dòng điện kinh tế

$$J_{kt} = \frac{I}{F} = \sqrt{\frac{pb10^3}{3\rho \tau c_{\Delta}}}, \quad (2.13)$$

trong đó: J_{kt} - mật độ dòng điện kinh tế của đường dây A/mm²;

ρ - điện trở suất của đường dây, $\Omega \cdot \text{mm}^2$;

b – hệ số kinh tế thay đổi của đường dây.

1.3.2. Khoảng kinh tế của đường dây cao áp

Dòng điện giới hạn giữa 2 đường dây có tiết diện F khác nhau

$$I_{gh} = \sqrt{\frac{p(V_2 - V_1)10^3}{3 \tau c_{\Delta} (R_1 - R_2)}} \quad (2.14)$$

Hay
$$I_{gh} = \sqrt{F_1 F_2} \sqrt{\frac{pb10^3}{3 \tau c_{\Delta} \rho}}; \quad (2.15)$$

$$I_{gh} = J_{kt} \sqrt{F_1 F_2}, \quad (2.11)$$

V_1, V_2 – vốn đầu tư của đường dây 1 và đường dây 2

1.3.3. Khoảng kinh tế của đường dây hạ áp

Công suất truyền tải giới hạn giữa các đường dây;

$$S_{gh} = U_{r.d.} \sqrt{\frac{pb10^3}{\rho \tau c_{\Delta}}}, \quad (2.15)$$

trong đó: S_{gh} - công suất truyền tải giới hạn;

d - hệ số tổng quát cho các trường hợp.

1.3.4. Khoảng kinh tế của trạm biến áp

Công suất giới hạn S_{gh} giữa 2 máy biến áp

$$S_{gh} = \sqrt{\frac{p.(V_{ba1} - V_{ba2}) - (\Delta P_{02} - \Delta P_{01})}{c_{\Delta} \tau \left(\frac{\Delta P_{k2}}{S_{n2}^2} - \frac{\Delta P_{k1}}{S_{n1}^2} \right)}}, \quad (2.16)$$

trong đó: ΔP_{ki} – hao tổn công suất ngắn mạch của máy biến áp thứ i ;

ΔP_{0i} – hao tổn công suất không tải của máy biến áp thứ i ;

V_{ba} – vốn đầu tư máy biến áp;

S_{bai} - công suất định mức của máy biến áp của máy biến áp thứ i ;

p – hệ số sử dụng hiệu quả và khấu hao vốn đầu tư.

1.3.5. Chọn cấp điện áp tối ưu

a. Phương pháp chi phí cực tiểu

Tổng chi phí tính toán của hệ thống điện được xác định theo biểu thức

$$Z_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 z_{ij}; \quad (2.17)$$

N - số phân tử trong hệ thống điện.

Z_{ij} - thành phần chi phí quy đổi thứ j của phân tử thứ i . (Mỗi phân tử có 3 thành phần chi phí quy đổi là: thành phần cố định, thành phần thay đổi và thành phần tổn thất).

b. Phương pháp hệ số Lagrange

Hàm mục tiêu:

$$Z = \frac{(U - U_2)(U - U_3)}{(U_1 - U_2)(U_1 - U_3)} 3_1 + \frac{(U - U_1)(U - U_3)}{(U_2 - U_1)(U_2 - U_3)} 3_2 + \frac{(U - U_1)(U - U_2)}{(U_3 - U_1)(U_3 - U_2)} 3_3 + \dots$$

trong đó:

U_i - cấp điện áp cân so sánh ($i = 1 \div n$);

3_i - suất chi phí quy đổi hàng năm trên một đơn vị chiều dài của mạng điện ứng với cấp điện áp thứ i .

Để xác định cấp điện áp tối ưu ta chỉ việc lấy đạo hàm của Z theo U và cho triệt tiêu $\frac{\partial Z}{\partial U} = 0$ sau đó giải phương trình tìm được. Nghiệm của phương trình sẽ cho giá trị gần với cấp điện áp chuẩn mà ta cần chọn.

1.3.6. Sơ đồ nối điện tối ưu

Tổng chi phí tính toán để nối điện từ điểm nối i đến điểm tải j sẽ là Z_{ij}

$$Z_{ij} = 3_j l_{ij} + (3_{i+j} - 3_i) L_{oi} \Rightarrow \min \quad (2.18)$$

trong đó:

3_j - suất chi phí truyền tải điện năng cung cấp cho điểm tải j ;

l_{ij} - khoảng cách giữa điểm i và điểm j ;

3_i - suất chi phí quy đổi của mạng điện đã có trước đó;

L_{oi} - chiều dài (theo đường dây) từ nguồn điện ban đầu cho đến điểm đấu điện i .

1.3.7. Giá thành truyền tải và phân phối điện năng

$$g = \sum c_i = \sum \frac{Z_i}{A_i} = \sum \frac{pV_i + C_i}{A_i} = \sum \frac{pV_i + C_i}{P_i T_{Mi}}, \quad (2.19)$$

trong đó:

P_i, T_{Mi} - công suất tính toán và thời gian sử dụng công suất cực đại ở mạng điện thứ i .

1.3.8. Giá thành tổn thất điện năng

$$c_{\Delta} = (1 + 0,02\Delta A\%)(\alpha \frac{k_f}{\tau} + g_{sx}), \quad (2.20)$$

trong đó:

g_{sx} - giá thành sản xuất điện năng ;

α - hệ số tính đến sự mở rộng mạng điện do hao tổn công suất ;

$\Delta A\%$ - phần trăm hao tổn điện năng trong mạng điện;

k_f - hệ số hình dạng;

1.4. Phân tích tài chính

1.4.1. Dòng tiền của dự án

Dòng tiền của dự án là hiệu giữa tất cả các khoản doanh thu và tất cả các chi phí cần thiết cho một dự án.

a. Trường hợp không vay vốn

* Dòng tiền trước thuế T_1 là hiệu giữa doanh thu và chi phí (không kể khấu hao)

$$T_1 = B - C; \quad (2.21)$$

* Doanh thu là số tiền thu được từ việc bán sản phẩm (điện năng)

$$B = A \cdot g_b, \quad (2.22)$$

trong đó:

B - doanh thu, đồng;

A - sản lượng điện năng, kWh ; $A = P \cdot T_M$

g_b - giá bán điện, đồng/kWh;

P - công suất truyền tải cực đại trong mạng điện, kW;

T_M - thời gian sử dụng công suất cực đại, h/năm.

* Lợi tức chịu thuế bằng hiệu giữa dòng tiền trước thuế T và chi phí khấu hao

$$L_{tt} = T_1 - C_{kh}; \quad (2.23)$$

* Thuế lợi tức T_{tt} xác định theo thuế suất s :

$$T_{tt} = L_{tt} \cdot s ; \quad (2.24)$$

b, Dòng tiền sau thuế T_2 bằng hiệu giữa dòng tiền trước thuế và thuế lợi tức

$$T_2 = T_1 - T_{tt}; \quad (2.25)$$

- Trường hợp có vay vốn

$$\text{Lợi tức chịu thuế sẽ là } L_t = T_1 - C_{kh} - V_{tr}; \quad (2.26)$$

$$\text{Dòng tiền sau thuế: } T_2 = T_1 - T_{tt} - V_{v+l}, \quad (2.27)$$

trong đó : V_{v+l} = trả vốn + trả lãi

1.4.2. Các chỉ tiêu cơ bản của dự án

* Giá trị lãi suất

$$NPV = \sum_{t=0}^n (B_t - C_t)(1+i)^{-t} = \sum_{t=0}^n L_t(1+i)^{-t} \quad (2.28)$$

* Tỷ số giữa doanh thu và chi phí

$$R = \frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^{T_c} B_t(1+i)^{-t}}{\sum_{t=0}^{T_c} C_t(1+i)^{-t}} \quad (2.29)$$

* **Hệ số hoàn vốn nội tại** ký hiệu là IRR (Internal Rate of Return) chính là hệ số chiết khấu ứng với giá trị tổng lãi suất hiện tại $NPV = 0$.

$$NPV = \sum_{t=0}^{T_c} (B_t - C_t)(1+IRR)^{-t} = 0; \quad (2.30)$$

$$IRR = i_1 + (i_2 - i_1) \frac{NPV_1}{NPV_1 + |NPV_2|}, \quad (2.31)$$

i_1, i_2 - các giá trị chiết khấu gần nhau nhất mà giá trị NPV bắt đầu đổi dấu;

NPV_1, NPV_2 - các giá trị tổng lãi suất ứng với i_1 và i_2 .

* Thời gian hoàn vốn T

Thời gian hoàn vốn, là thời gian mà tổng doanh thu bằng tổng chi phí, hay nói cách khác đó là thời gian mà tổng lãi suất bù đắp được chi phí của dự án.

$$NPV = \sum_{t=0}^T (B_t - C_t)(1+i)^{-t} = 0; \quad (2.32)$$

Phương trình trên có thể giải gần đúng.

$$T = t_n + \frac{-NPV_1}{-NPV_1 + NPV_2}, \quad (2.33)$$

t_n - số năm tròn ngay trước khi đạt được giá trị $NPV=0$;

NPV_1, NPV_2 - các giá trị ứng với thời gian t_n và năm sau đó, tức là năm $t_n + 1$.

2. BÀI GIẢI MẪU

Bài 2.1: Hãy so sánh và chọn phương án xây dựng mạng điện với hai phương án:

PA1: Tiết diện dây không đổi trên toàn bộ đường dây.

PA2: Đoạn đầu có dây dẫn với tiết diện lớn và đoạn cuối - dây với tiết diện nhỏ hơn.

Thời gian thu hồi vốn đầu tư tiêu chuẩn $T_{tc} = 10$ năm; tỷ lệ khấu hao $k_{kh} = 5\%$. Chi phí vốn đầu tư ban đầu V và chi phí hàng năm C cho trong bảng sau.

Phương án	$V, 10^6$ VNĐ	$C, 10^6$ VNĐ/năm
1	2430	524
2	2954	420

Giải:

a. Áp dụng phương pháp chi phí quy đổi:

Xác định chi phí quy đổi của các phương án:

$$Z_i = pV_i + C_i$$

$$p = a_{tc} + k_{kh} = \frac{1}{T_{tc}} + k_{kh} = \frac{1}{10} + 0,05 = 0,1 + 0,05 = 0,15$$

$$Z_1 = pV_1 + C_1 = 0,15 \cdot 2430 + 524 = 888,5 \cdot 10^6 \text{ VNĐ}$$

$$Z_2 = 0,15 \cdot 2954 + 420 = 863,1 \cdot 10^6 \text{ VNĐ}$$

Như vậy ta thấy mặc dù vốn đầu tư ban đầu lớn hơn nhưng phương án 2 có tổng chi phí quy đổi nhỏ hơn do đó phương án này sẽ được lựa chọn để xây dựng đường dây.

b. Phương pháp thời gian thu hồi vốn đầu tư

$$T = \frac{\Delta V}{\Delta C} = \frac{V_1 - V_2}{C_2 - C_1} = \frac{2954 - 2430}{524 - 420} = 5,04 \text{ năm}$$

So với thời gian tiêu chuẩn là $T_n = 10$ năm thì $T < T_n$ vậy phương án 2 có vốn đầu tư lớn sẽ là phương án tối ưu. Như vậy ta thấy cả 2 phương pháp đều cho cùng kết quả.

Bài 2.2. Chọn phương án xây dựng mạng điện biết vốn đầu tư và chi phí hàng năm của các phương án theo các năm như sau (đơn vị 10^6 đ.)

P. án	Chi phí	Năm thứ						
		1	2	3	4	5	6	7
I	V_1	264	298	322	398	426	477	498
	C_1	19,3	22,7	28,5	33,6	35,4	37,6	39,2
II	V_2	383	383	383	383	383	383	383
	C_2	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5

Cho hệ số chiết khấu $i = 0,10$ hệ số tiêu chuẩn sử dụng vốn đầu tư và khấu hao $p = a_{tc} + k_{kh} = 0,165$

Giải: Xác định tổng giá trị chi phí quy đổi

$$Z_{\Sigma} = \sum_{t=1}^{Tc-1} Z_t \cdot \beta^{t-1} + Z_{TC} \frac{\beta^{Tc-2}}{i} = \sum_{t=1}^{Tc-1} Z_t \cdot \beta^{t-1} + Z_7 \frac{\beta^{Tc-2}}{i}$$

Giá trị hệ số quy đổi: $\beta = \frac{1}{1+i} = \frac{1}{1+0,1} = 0,91$;

$$\beta^2 = 0,83; \beta^3 = 0,75; \beta^4 = 0,68; \beta^5 = 0,62; \beta^{7-2}/i = 0,91^5/0,1=6,21;$$

Ta xác định chi phí quy đổi cho năm thứ nhất

$$Z_1 = pV_1 + C_1 = (0,165 \cdot 443,52 + 32,42) = 105,60$$

$$Z_1 \beta^{t-1} = 105,60 \cdot 1 = 105,60$$

Tính toán tương tự cho các năm khác, kết quả ghi trong bảng VD2.2.

Chi phí quy đổi của năm cuối chu kỳ tính toán (năm thứ 7):

$$Z_7 = (0,165 \cdot 836,64 + 65,76) = 203,8$$

$$Z_7 \beta^{7-2}/i = (203,8 \cdot 6,21)/0,1 = 1265,45$$

Bảng VD2.2. Kết quả tính toán bài 2.2 (đơn vị 10^6 đ)

Năm	β^{t-1}	Phương án I				Phương án II			
		V_1	C_1	Z_1	$Z_1 \cdot \beta^{t-1}$	V_2	C_2	Z_2	$Z_2 \cdot \beta^{t-1}$
1	1,00	443,52	32,42	105,60	105,60	643,44	57,96	164,13	164,13
2	0,91	500,64	38,14	120,74	109,77	643,44	57,96	164,13	149,21
3	0,83	540,96	47,88	137,14	113,34	643,44	57,96	164,13	135,64
4	0,75	668,64	56,45	166,77	125,30	663,45	60,25	169,72	127,51
5	0,68	715,68	59,47	177,56	121,28	663,45	60,25	169,72	115,92
6	0,62	801,36	63,17	195,39	121,32	663,45	60,25	169,72	105,38
7	6,21	836,64	65,76	203,80	1265,45	663,45	60,25	169,72	1053,82
Σ					1962,05				1851,62

So sánh 2 phương án ta thấy $Z_{\Sigma II} < Z_{\Sigma I}$ vậy có thể kết luận là phương án II kinh tế hơn phương án I,

Sự chênh lệch về chi phí giữa 2 phương án

$$\Delta z\% = \frac{1962,05 - 1851,62}{1851,62} \cdot 100 = 6\%$$

Sự chênh lệch về chi phí giữa các phương án khoảng 6%. > 5 %, như vậy tuy sự khác nhau về tổng chi phí giữa các phương án không nhiều lắm nhưng có thể kết luận là phương án 2 có hiệu quả kinh tế hơn.

Bài 2.3. Chọn phương án xây dựng mạng điện biết vốn đầu tư và chi phí hàng năm của các phương án theo các năm như sau (đơn vị 10^6 đ.)

Năm	Phương án 1		Phương án 2	
	$V_1, 10^6$ đ.	$C_1, 10^6$ đ/năm	$V_1, 10^6$ đ.	$C_1, 10^6$ đ/năm
1	385,67	37,29	470,13	25,73
2	435,34	43,86	530,68	30,27
3	470,40	55,06	573,42	38,00
4	581,43	64,92	708,76	44,80
5	622,33	68,39	758,62	47,20
6	696,83	72,64	849,44	50,13
7	727,51	75,62	886,84	52,19
8	734,50	77,42	890,75	54,33

Cho hệ số chiết khấu $i = 0,12$ hệ số tiêu chuẩn sử dụng vốn đầu tư và khấu hao

$$p = a_{tc} + k_{kh} = 0,165$$

Giải Xác định tổng giá trị chi phí quy đổi

$$Z_z = \sum_{t=1}^{T_c-1} Z_t \cdot \beta^{t-1} + Z_{TC} \frac{\beta^{T_c-2}}{i} = \sum_{t=1}^{T_c-1} Z_t \cdot \beta^{t-1} + Z_7 \frac{\beta^{T_c-2}}{i}$$

Giá trị hệ số quy đổi:

$$\beta = \frac{1}{1+i} = \frac{1}{1+0,12} = 0,89;$$

$$\beta^2 = 0,80; \beta^3 = 0,71; \beta^4 = 0,64; \beta^5 = 0,57; \beta^6 = 0,51; \beta^{8-2}/0,12 = 4,22$$

Ta xác định chi phí quy đổi cho năm thứ nhất

$$Z_1 = pV_1 + C_1 = (0,165 \cdot 385,67 + 37,29) = 100,92$$

$$Z_1 \beta^{t-1} = 100,92 \cdot 1 = 100,92$$

Tính toán tương tự cho các năm khác, kết quả ghi trong bảng VD2.3.

Chi phí quy đổi năm cuối chu kỳ tính toán (năm thứ 8):

$$Z_8 = (0,165 \cdot 734,5 + 77,42) = 198,61$$

$$Z_8 \cdot \beta^{8-2}/i = (198,61 \cdot 4,22) = 838,53$$

Tổng chi phí quy đổi của phương án I là $Z_{\Sigma I} = 1577,31$

Bảng VD2.3. Kết quả tính toán bài 2.3 (đơn vị 10^6 đ)

Năm	β^{t-1}	Phương án I				Phương án II			
		V_1	C_1	Z_1	$Z_1 \cdot \beta^{t-1}$	V_2	C_2	Z_2	$Z_2 \cdot \beta^{t-1}$
1	1,00	385,67	37,29	100,92	100,92	470,13	25,73	103,30	103,30
2	0,89	435,34	43,86	115,69	103,29	530,68	30,27	117,83	105,20
3	0,80	470,40	55,06	132,68	105,77	573,42	38,00	132,61	105,72
4	0,71	581,43	64,92	160,85	114,49	708,76	44,80	161,75	115,13
5	0,64	622,33	68,39	171,08	108,72	758,62	47,20	172,37	109,55
6	0,57	696,83	72,64	187,62	106,46	849,44	50,13	190,29	107,98
7	0,51	727,51	75,62	195,66	99,13	886,84	52,19	198,52	100,57
8	4,22	734,50	77,42	198,61	838,53	890,75	54,33	201,30	849,89
Σ					1577,31				1597,34

So sánh 2 phương án ta thấy $Z_{\Sigma I} < Z_{\Sigma II}$ vậy có thể kết luận là phương án I kinh tế hơn phương án II,

Sự chênh lệch về chi phí giữa 2 phương án

$$\Delta z\% = \frac{1597,34 - 1577,31}{1577,31} \cdot 100 = 1,3\%$$

Sự chênh lệch về chi phí giữa các phương án là không nhiều, chỉ chiếm khoảng $1,3\% < 5\%$, tức là có thể coi hai phương án tương đương nhau về kinh tế.

Bài 2.4. Xác định chi phí truyền tải điện năng trong mạng điện hạ áp, biết: Công suất tính toán $P_{II} = 158 \text{ kW}$; Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 3500 \text{ h}$; Đường dây được xây dựng bằng dây nhôm 4xA-70, với tổng chiều dài là 6,53 km; Suất vốn đầu tư đường dây là $v_0 = 47,55 \cdot 10^6 \text{ đ/km}$; Thời gian thu hồi vốn đầu tư $T_{ic} = 15 \text{ năm}$; Tỷ lệ khấu hao $k_{kh} = 0,038$; Hệ số $k_{o\&M} = 0,015$; Tỷ lệ hao tổn điện năng 20%. Chi phí khác bằng 15% chi phí vận hành. Giá thành tổn thất điện năng $c_{\Delta} = 650 \text{ đ/kWh}$.

Giải: Điện năng tiêu thụ trong năm

$$A = P_{II} T_M = 158 \cdot 3500 = 553000 \text{ kWh};$$

Tổn thất trong mạng $\Delta A = 0,20 \cdot 553000 = 110600 \text{ kWh}$

Tổng chi phí tính toán: $Z = pV + C_{\Sigma}$

Vậy giá thành đường dây

$$V = v_0 l = 47,55 \cdot 6,53 = 310,502 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

$$p = a_{ic} + k_{kh} = 0,067 + 0,038 = 0,105$$

$$a_{ic} = 1/T_{ic} = 1/15 = 0,067$$

Chi phí vận hành

$$C_{vh} = k_{o\&M} V = 0,015 \cdot 310,502 \cdot 10^6 = 4,66 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

Chi phí tổn thất

$$C_{ht} = \Delta A \cdot c_{\Delta} = 110600 \cdot 650 = 71,89 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

Chi phí phụ khác bằng 15% của chi phí vận hành

$$C_r = 0,15 \cdot 4,66 \cdot 10^6 = 0,7 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

Tổng chi phí tính toán

$$Z = pV + C_{vh} + C_{ht} + C_r = (0,105 \cdot 310,502 + 4,66 + 71,89 + 0,7) 10^6 = 109,75 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

Giá thành truyền tải điện năng

$$g = \frac{Z}{A} = \frac{109,5}{553000} 10^6 = 198,45 \text{ đ/kWh.}$$

Bài 2.5: Hãy xác định mối quan hệ giữa giá thành truyền tải điện năng g và thời gian sử dụng công suất cực đại T_M ; Biết công suất truyền tải là $S = 158 \text{ kWVA}$, đường dây được xây dựng bằng dây nhôm 4xA-70, với tổng chiều dài là 6,53 km. Suất vốn đầu tư đường dây là $v_0 = 47,55 \cdot 10^6 \text{ đ/km}$; thời gian thu hồi vốn đầu tư $T_{ic} = 15$ năm, tỷ lệ khấu hao $k_{kh} = 0,038$, hệ số $k_{o\&M} = 0,015$; tỷ lệ hao tổn điện năng 20%. Chi phí khác bằng 15% chi phí vận hành. Giá thành tổn thất điện năng $c_{\Delta} = 650 \text{ đ/kWh}$.

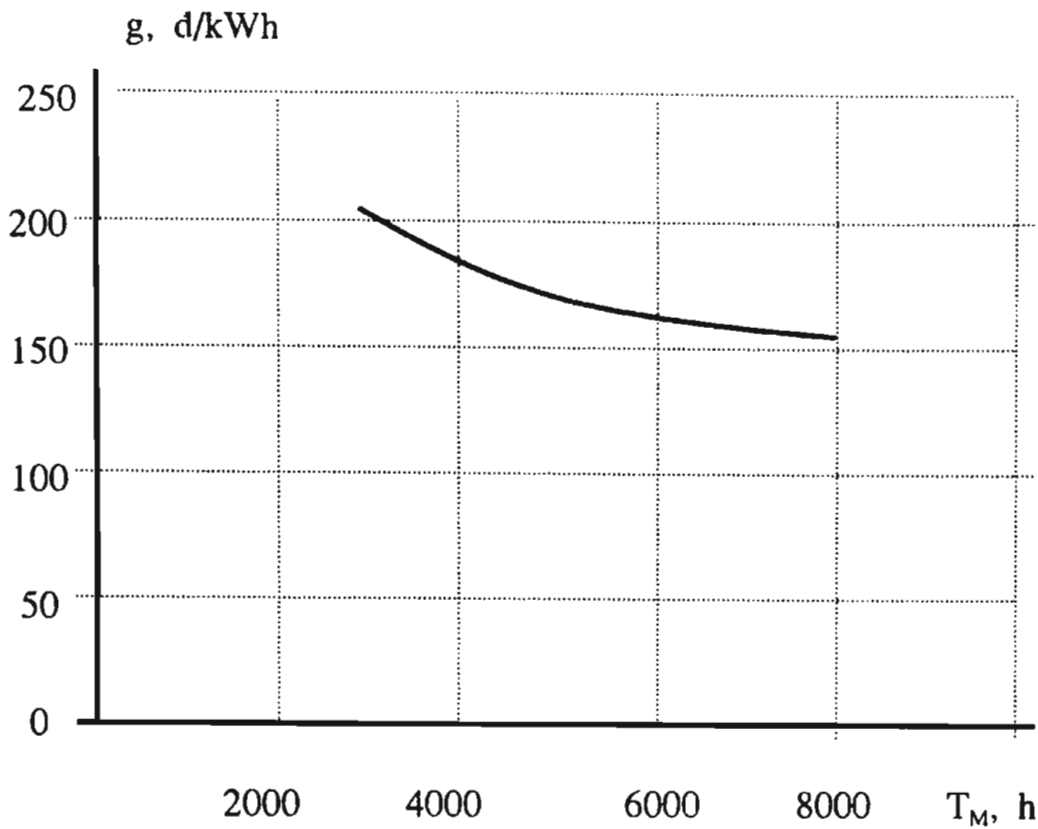
Giải:

Các tham số được tính tương tự như bài 2.4; Tiếp theo cho T_M nhận các giá trị tương ứng từ 3000÷8000 và tính toán tương tự như bài 2.4 kết quả ghi trong bảng VD2.5 sau

Bảng VD2.5. Kết quả tính toán giá thành truyền tải điện năng phụ thuộc vào T_M

T_M	A, kWh	ΔA , kWh	$V \cdot 10^6 \text{ đ}$	C_{vh}	C_{ht}	C_k	ΣC	pV	Z	g, đ/kWh
3000	474000	94800	306,70	4,60	61,62	0,07	66,29	31,49	97,78	206,28
3500	553000	110600	306,70	4,60	71,89	0,07	76,56	31,49	108,05	195,38
4000	632000	126400	306,70	4,60	82,16	0,07	86,83	31,49	118,32	187,21
4500	711000	142200	306,70	4,60	92,43	0,07	97,10	31,49	128,59	180,85
5000	790000	158000	306,70	4,60	102,70	0,07	107,37	31,49	138,86	175,77
5500	869000	173800	306,70	4,60	112,97	0,07	117,64	31,49	149,13	171,61
6000	948000	189600	306,70	4,60	123,24	0,07	127,91	31,49	159,40	168,14
6500	1027000	205400	306,70	4,60	133,51	0,07	138,18	31,49	169,67	165,21
7000	1106000	221200	306,70	4,60	143,78	0,07	148,45	31,49	179,94	162,69
7500	1185000	237000	306,70	4,60	154,05	0,07	158,72	31,49	190,21	160,51
8000	1264000	252800	306,70	4,60	164,32	0,07	168,99	31,49	200,48	158,61

Trên cơ sở kết quả tính toán trên ta có thể xây dựng đồ thị phụ thuộc như hình 2.1 sau



Hình 2.1. Quan hệ phụ thuộc của giá thành truyền tải điện năng và thời gian sử dụng công suất cực đại $g = f(T_M)$.

Bài 2.6. : Xác định các chỉ tiêu kinh tế của đường dây phân phối 10; 15; 22 và 35 kV, biết số liệu về vốn đầu tư của đường dây phân phối như sau

Bảng VD.2.6.a. Suất vốn đầu tư đường dây phân phối theo cấp điện áp kV (10^6 đ./km)

AC	35	50	70	95	120	150	185	240	300
35 kV	85,45	90,72	97,76	115,79	135,8	142,4	153,1	165,6	178,3
22	80,75	84,25	90,43	98,57	115,2	123,4	137,8	149,5	160,2
15	78,32	82,27	87,5	90,53	108,7	115,8	127,2	138,9	151,4
10	63,93	67,27	73,64	81,51	92,75	98,5	104,6	113,7	125,6

Giải: Trước hết ta xác định các chỉ tiêu kinh tế của đường dây 10 kV

Như đã biết, hàm hồi quy giữa V và F có dạng tuyến tính

$$V = a + bF$$

Để xác định các hệ số kinh tế a và b ta tiến hành xây dựng hàm tuyến tính trên theo biểu thức

$$V = \frac{\mu_{VF}}{\sigma_F^2} (F - F_{th}) + V_{th}$$

Để đơn giản hoá, bài toán được giải dưới dạng bảng.

Bảng VD.2.6.b. Số liệu tính toán bài 2.6.

Tt	F, mm ²	V, 10 ⁶ d/km	ΔF	ΔV	ΔF ²	ΔV ²	ΔF.ΔV
1	35	63,93	-103,33	-27,35	10677,09	748,02	2826,08
2	50	67,27	-88,33	-24,01	7802,19	576,48	2120,80
3	70	73,64	-68,33	-17,64	4668,99	311,17	1205,34
4	95	81,51	-43,33	-9,77	1877,49	95,45	423,33
5	120	92,75	-18,33	1,47	335,99	2,16	-26,95
6	150	98,50	11,67	7,22	136,19	52,13	84,26
7	185	104,60	46,57	13,32	2178,09	177,42	621,64
8	240	113,70	101,67	22,42	10336,79	502,66	2279,44
9	300	125,60	161,67	34,32	26137,19	1177,86	5548,51
Σ	1245	821,50	0,03		64150,00	3643,36	15082,47
Tr.bình	138,33	91,28					

Phương sai $\sigma_F^2 = \frac{\Sigma \Delta F^2}{n-1} = \frac{64150}{9-1} = 8018,75 \rightarrow \sigma_F = 89,55$

$$\sigma_V^2 = \frac{\Sigma \Delta V^2}{n-1} = \frac{3643,36}{8} = 455,42 \rightarrow \sigma_V = 21,34$$

$$\mu_{V,F} = \frac{\Sigma \Delta F \cdot \Delta V}{n-1} = \frac{15082,47}{8} = 1885,31$$

Hàm tuyến tính có dạng:

$$V = \frac{\mu_{V,F}}{\sigma_F^2} (F - F_{th}) + V_{th} = \frac{1885,31}{8018,75} \cdot (F - 138,33) + 91,28 = 0,241 \cdot F + 58,75$$

(10⁶d/km)

$$V = 58,75 + 0,241 \cdot F, \text{ (10}^6\text{d/km);}$$

Với mức tin cậy 99%

$$t = \frac{r(n-2)}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0,997}{\sqrt{1-0,99^2}} = 42,26 > t_{0,01}=5,4 \text{ (bảng 51.pl.)}[1]$$

Vậy ta được các hệ số kinh tế của đường dây

$$a=58,75.10^6 \text{ đ/km}; b = 0,24.10^6 \text{ đ/mm}^2.\text{km}$$

Tính toán tương tự cho các đường dây khác, kết quả ghi trong bảng VD.2.6.c sau

Bảng VD.2.6.c. Các chỉ tiêu kinh tế của các đường dây 10, 15, 22 và 35 kV

Cấp điện áp	Các chỉ tiêu kinh tế 10^6 đ/km		Các hệ số $r_{v,l}$ và t	
	a,	b	r	t
10	58,75	0,241	0,99	42,5
15	68,78	0,29	0,81	9,51
22	70,63	0,33	0,74	7,76
35	78,9	0,37	0,62	5,55

Bài 2.7. Xác định mật độ dòng điện kinh tế của đường dây 10 kV, biết: hệ số kinh tế thay đổi của đường dây là $b= 0,241.10^6$ đồng/km.mm²; thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 3690$ h; giá thành tổn thất điện năng $c_\Delta = 350$ đ/kWh; điện trở suất của dây dẫn $\rho = 31,5$ Ωmm²/km; thời gian tiêu chuẩn thu hồi vốn đầu tư là $T_{lc} = 8$ năm và hệ số khấu hao $k_{kh} = 5,5\%$.

Giải: Trước hết ta xác định hệ số tiêu chuẩn sử dụng vốn đầu tư và khấu hao thiết bị

$$p = a_{lc} + k_{kh} = \frac{1}{T_{lc}} + k_{kh} = \frac{1}{8} + 0,055 = 0,18$$

Thời gian hao tổn cực đại được xác định theo biểu thức

$$\tau = (0,124 + T_M.10^{-4}).8760 = (0,124 + 3690.10^{-4}).8760 = 2139 \text{ h}$$

Thay các giá trị tương ứng vào công thức (2.2) ta xác định mật độ dòng điện kinh tế

$$j_{kt} = \sqrt{\frac{p.b.10^3}{3.\rho.\tau.C_\Delta}} = \sqrt{\frac{0,18.0,241.10^9}{3.31,5.2139.350}} = 0,78 \text{ A/mm}^2$$

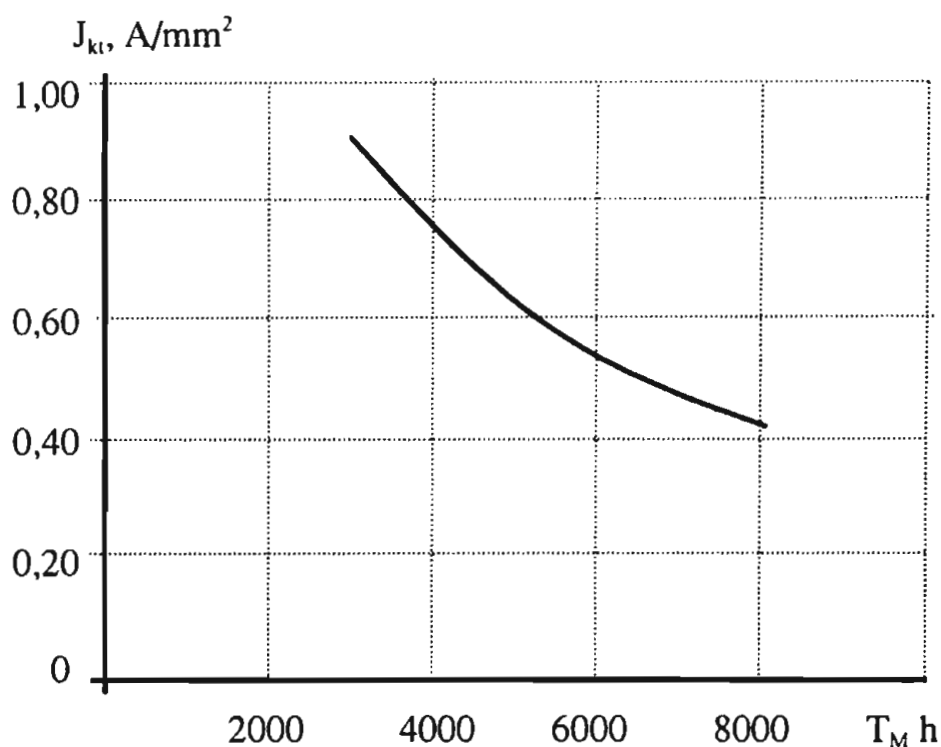
Bài 2.8: Hãy xác định quan hệ phụ thuộc giữa mật độ dòng điện kinh tế với thời gian sử dụng công suất cực đại biết: hệ số kinh tế thay đổi của đường dây là $b = 0,241.10^6$ đồng/km.mm²; giá thành tổn thất điện năng $c_\Delta = 350$ đ/kWh; điện trở suất của dây dẫn $\rho = 31,5$ Ω.mm²/km; thời gian tiêu chuẩn thu hồi vốn đầu tư là $T_{lc} = 8$ năm và hệ số khấu hao $k_{kh} = 5,5\%$.

Giải:

Cho T_M nhận các giá trị khác nhau, xác định mật độ dòng điện kinh tế tương tự như bài 2.7, kết quả ghi trong bảng sau:

Bảng VD.2.8. Quan hệ phụ thuộc $j_{kt} = f(T_M)$

T_M	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	7000	8000
j_{kt}	0,91	0,82	0,74	0,67	0,62	0,57	0,53	0,47	0,42



Hình 2.2. Quan hệ phụ thuộc $j_{kt} = f(T_M)$

Bài 2.9. Xác định khoảng kinh tế của đường dây 10kV với các dữ kiện như bài 2.7

Giải: Từ kết quả tính toán của các bài 2.7 ta dễ dàng xác định được dòng điện giới hạn của các đường dây theo biểu thức

$$I_{gh} = j_{kt} \sqrt{F_1 \cdot F_2}$$

Đối với đường dây 35 và 50 mm²

$$I_{35-50} = 0,78 \sqrt{35 \cdot 50} = 32,63 \text{ A}$$

Tính toán tương tự, kết quả ghi trong bảng VD2.9 sau:

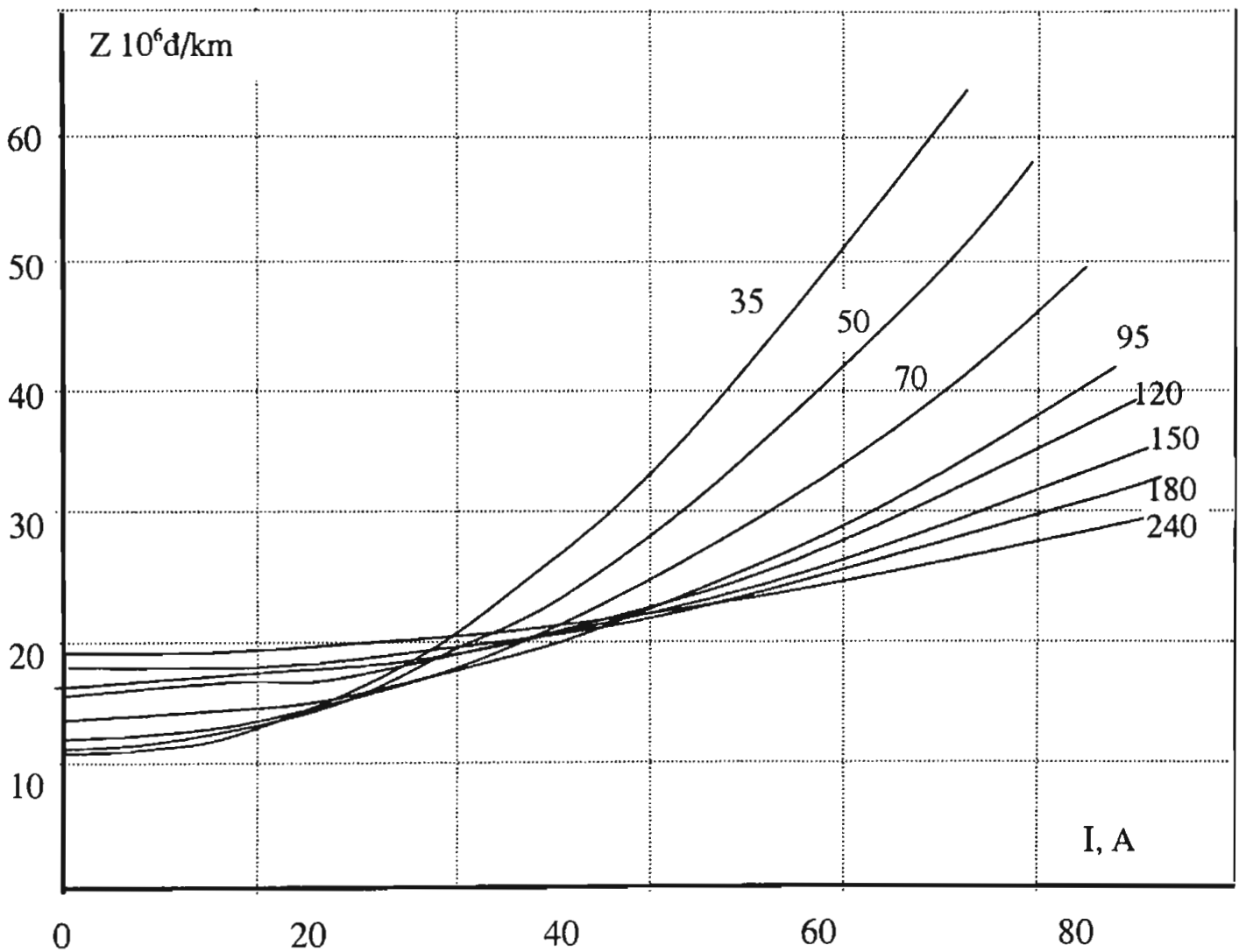
Bảng VD.2.9. Khoảng kinh tế của đường dây 10 kV

AC	35	50	70	95	120	150	185	240	300
I_{ghd}	0	32,63	46,15	63,61	83,28	104,65	129,93	164,36	209,30
I_{ghT}	32,63	46,15	63,61	83,28	104,65	129,93	164,36	209,30	

Bài 2.10: Hãy xây dựng các đường cong chi phí tính toán của đường dây 22 kV, biết vốn đầu tư và điện trở cho trong bảng:

AC	35	50	70	95	120	150	185	240
V, 10 ⁶ đ/km	80,75	84,25	90,43	98,57	115,2	123,4	137,8	149,5
r ₀ , Ω /km	0,85	0,65	0,46	0,33	0,27	0,21	0,17	0,12

Các số liệu khác: $\tau = 3750\text{h}$; $C_{\Delta} = 650 \text{ đ/kWh}$, thời gian thu hồi vốn đầu tư $T_{ic} = 8 \text{ năm}$.



Hình .2.3. Biểu đồ chi phí tính toán của đường dây 10 kV.

Giải: Trước hết ta xác định các hệ số kinh tế $a_{ic} = 1/T_{ic} = 1/8 = 0,125$; tỷ lệ khấu hao đường dây có thể xác định theo bảng 3.1. lấy $k_{kh} = 4\%$, vậy hệ số $p = 0,125 + 0,04 = 0,165$;

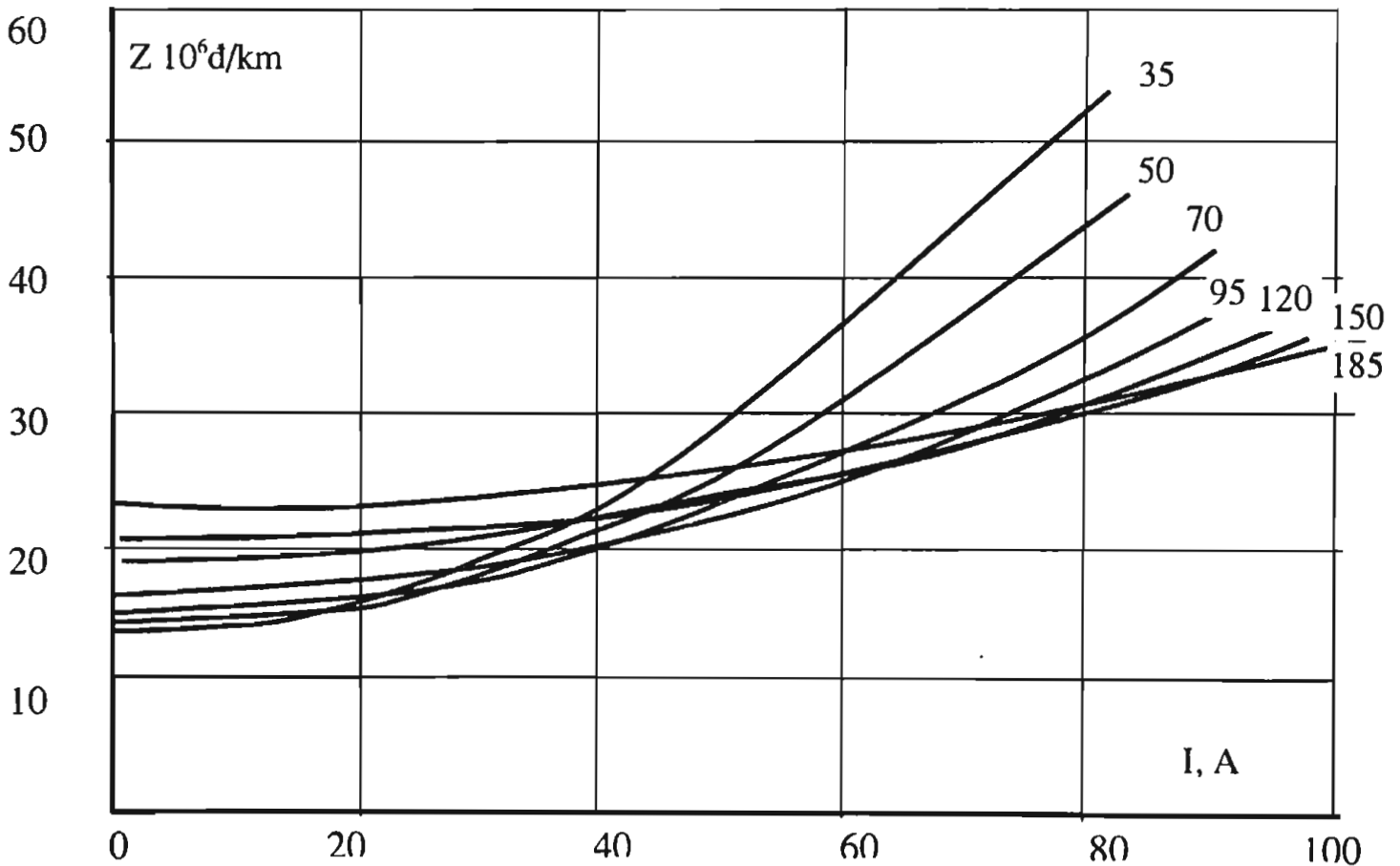
Chi phí quy đổi ứng với từng cấp dây dẫn được xác định theo biểu thức :

$$Z_i = p \cdot V_i \cdot 10^6 + 3 \cdot r_{0i} \cdot \tau \cdot c_{\Delta} \cdot I^2 \cdot 10^{-3}$$

Cho dòng điện I nhận các giá trị khác nhau, xác định chi phí quy đổi ứng với từng cấp dây dẫn. Với dây AC-35, khi $I = 0$ ta có:

$$Z_0 = 0,165 \cdot 80,75 \cdot 10^6 + 3,0,85 \cdot 3750 \cdot 650 \cdot 10^{-3} = 13,32 \cdot 10^6 \text{đ/km};$$

Tính toán tương tự cho các dây dẫn khác, kết quả ghi trong bảng VD.2.10.a. Căn cứ vào số liệu tính toán bảng VD 2.10. ta xây dựng các đường cong chi phí tính toán của mạng điện 22 kV (hình 2.4):



Hình 2.4. Biểu đồ chi phí tính toán của đường dây 22 kV.

Bài 2.11: Hãy xây dựng các đường cong chi phí tính toán của đường dây 10 kV và đường dây 35 kV, biết vốn đầu tư và điện trở cho trong bảng:

Loại dây AC		35	50	70	95	120	150	185	240	300
V, 10^6 đ/km	10 kV	67,27	73,64	81,51	92,75	98,5	104,6	113,7	113,7	125,6
	35 kV	85,45	90,72	97,76	115,79	135,8	142,4	153,1	165,6	178,3

Các số liệu khác: $\tau = 3750\text{h}$; $C_{\Delta} = 650 \text{ đ/kWh}$, thời gian thu hồi vốn đầu tư $T_{lc} = 8 \text{ năm}$.

Giải:

Bài toán được giải tương tự như bài 2.10, kết quả thể hiện trong các bảng VD.2.10 sau:

Bảng VD. 2.10. Chi phí tính toán của đường dây 10 , 22 và 35 kV

I	Z, Chi phí tính toán của đường dây 10 kV ứng với các cấp dây dẫn, (10 ⁶ d/km)								
	35	50	70	95	120	150	185	240	300,00
0	10,55	11,10	12,15	13,45	15,30	16,25	17,26	18,76	20,81
10	11,17	11,57	12,49	13,69	15,50	16,41	17,38	18,85	20,82
20	13,03	13,00	13,50	14,41	16,09	16,87	17,76	19,11	20,85
30	16,14	15,38	15,18	15,62	17,08	17,63	18,38	19,55	20,91
40	20,49	18,70	17,53	17,31	18,46	18,71	19,25	20,16	21,03
50	26,09	22,98	20,56	19,48	20,24	20,09	20,37	20,95	21,22
60	32,92	28,21	24,26	22,14	22,41	21,78	21,73	21,92	21,52
70	41,01	34,39	28,63	25,27	24,98	23,78	23,35	23,06	21,95
80	50,33	41,52	33,68	28,89	27,94	26,08	25,22	24,38	22,58
90	60,90	49,60	39,40	33,00	31,30	28,69	27,33	25,87	23,44
100	72,70	58,63	45,79	37,58	35,05	31,61	29,69	27,54	24,59
120	100,05	79,54	60,59	48,20	43,74	38,37	35,16	31,40	28,04
140	132,37	104,26	78,08	60,75	54,00	46,35	41,62	35,96	33,54
160	169,67	132,78	98,26	75,23	65,85	55,56	49,08	41,22	41,77
180	211,93	165,10	121,14	91,63	79,27	66,01	57,54	47,19	53,57
200	259,17	201,22	146,70	109,97	94,28	77,68	66,98	53,86	69,84
I	Z, Chi phí tính toán của đường dây 22 kV ứng với các cấp dây dẫn, (10 ⁶ d/km)								
	35	50	70	95	120	150	185	240	300,00
0	13,32	13,90	14,92	16,26	19,01	20,36	22,74	24,67	26,59
10	13,95	14,38	15,26	16,51	19,21	20,51	22,86	24,76	26,60
20	15,81	15,80	16,27	17,23	19,80	20,98	23,23	25,02	26,65
30	18,92	18,18	17,95	18,44	20,78	21,74	23,86	25,46	26,75
40	23,27	21,51	20,30	20,13	22,17	22,82	24,73	26,07	26,91
50	28,86	25,78	23,33	22,30	23,94	24,20	25,84	26,86	27,16
60	35,70	31,01	27,03	24,95	26,12	25,89	27,21	27,83	27,55
70	43,78	37,19	31,40	28,09	28,68	27,89	28,83	28,97	28,11
80	53,10	44,32	36,45	31,71	31,64	30,19	30,69	30,28	28,91
90	63,67	52,40	42,17	35,81	35,00	32,80	32,81	31,78	29,99
100	75,48	61,43	48,56	40,40	38,75	35,72	35,17	33,44	31,43
120	102,83	82,35	63,36	51,01	47,44	42,47	40,64	37,30	35,71
140	135,15	107,06	80,85	63,56	57,71	50,46	47,10	41,87	42,46

Bảng VD.2.10 (tiếp theo)

160	172,44	135,58	101,03	78,04	69,55	59,67	54,56	47,13	52,53
180	214,71	167,90	123,91	94,45	82,98	70,12	63,01	53,10	66,89
200	261,95	204,03	149,47	112,79	97,98	81,79	72,46	59,77	86,64
Z. Chi phí tính toán của đường dây 35 kV ứng với các cấp dây dẫn, (10^6d/km)									
I	35	50	70	95	120	150	185	240	300,00
0	14,10	14,97	16,13	19,11	22,41	23,50	25,26	27,32	29,42
10	14,72	15,44	16,47	19,35	22,60	23,65	25,39	27,41	29,49
20	16,59	16,87	17,48	20,07	23,20	24,11	25,76	27,68	29,71
30	19,69	19,25	19,16	21,28	24,18	24,88	26,38	28,11	30,08
40	24,04	22,57	21,51	22,97	25,57	25,95	27,25	28,73	30,59
50	29,64	26,85	24,54	25,14	27,34	27,34	28,37	29,52	31,25
60	36,48	32,08	28,24	27,79	29,51	29,02	29,74	30,48	32,05
70	44,56	38,26	32,61	30,93	32,08	31,02	31,35	31,62	33,00
80	53,88	45,39	37,66	34,55	35,04	33,32	33,22	32,94	34,10
90	64,45	53,47	43,38	38,65	38,40	35,93	35,33	34,43	35,34
100	76,26	62,50	49,77	43,24	42,15	38,85	37,69	36,10	36,73
120	103,60	83,41	64,57	53,85	50,84	45,61	43,16	39,96	39,95
140	135,93	108,13	82,06	66,40	61,10	53,59	49,63	44,52	43,75
160	173,22	136,65	102,24	80,88	72,95	62,81	57,09	49,79	48,14
180	215,49	168,97	125,12	97,29	86,38	73,25	65,54	55,76	53,11
200	262,72	205,09	150,68	115,63	101,38	84,92	74,99	62,42	58,67

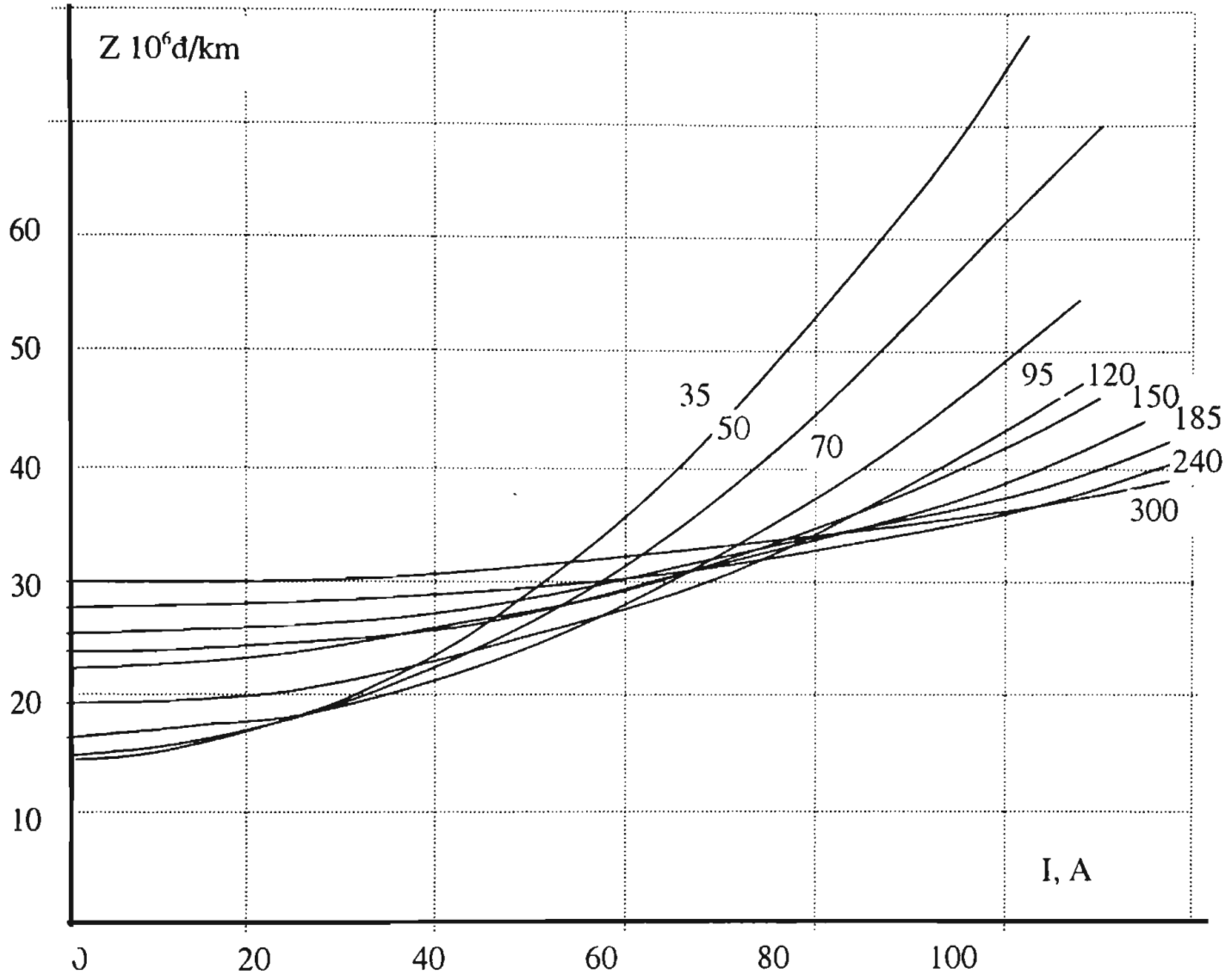
Trên cơ sở số liệu tính toán bảng 2.10. ta dễ dàng xây dựng được biểu đồ các đường cong chi phí tính toán của các đường dây (hình 2.3. và hình 2.5). Biểu đồ này cho phép áp dụng để tính toán các chỉ tiêu kinh tế – kỹ thuật khác một cách dễ dàng và thuận tiện.

Bài 2.12. Xác định mô hình toán, mật độ dòng điện kinh tế và khoảng kinh tế của đường dây 0,38 kV, biết giá thành của đường dây (4 dây nhôm, cột H 8,5).

Loại dây A-	25	35	50	70	95	120	150	185
V, 10^6 d	35,8	38	42	48	57	69	80	92
r_0 , Ω /km	1,25	0,89	0,63	0,45	0,33	0,27	0,21	0,17

Hệ số sử dụng hiệu quả và khấu hao vốn đầu tư $p = 0,16$; $\rho = 31,5 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$; $\tau = 2969\text{h}$. và giá thành tổn thất $c_\Delta = 650 \text{ d/kWh}$.

Giải:



Hình 2.5. Biểu đồ chi phí tính toán của đường dây 35 kV.

Mô hình toán được xác định tương tự như bài 2.6 ta được

$$V = (23,46 + 0,37F) 10^6 \text{ d./km};$$

Để khoảng kinh tế của đường dây ta áp dụng công thức (2.15). Xét cặp dây dẫn A-35 và A-50 ta có công suất giới hạn

$$s_{gh} = 3,42 \sqrt{F_1 F_2} \cdot U_l \sqrt{\frac{pb10^3}{\rho \cdot \tau \cdot c_\Delta}} = 3,42 \sqrt{35 \cdot 50} \cdot 0,22 \sqrt{\frac{0,16 \cdot 0,37 \cdot 10^6 \cdot 10^3}{31,5 \cdot 2969 \cdot 650}} = 31,06 \text{ kVA}$$

Xác định các giá trị chi phí Z ứng với các giá trị của S:

Với $S = 0$ ta có $Z_0 = pV = 0,16 \cdot 38 \cdot 10^6 = 6,08 \cdot 10^6 \text{ d./km}$.

Tính tương tự cho các cặp dây dẫn khác, kết quả ghi trong bảng VD 2.11.

Bảng VD.2.12. Kết quả tính toán bài toán 2.12

Dây dẫn	35	50	70	95	120	150
$Z_0, 10^6 \text{đ/km}$	6,08	6,72	7,68	9,12	11,04	12,8
$S_{\text{giới hạn}}$	31,06	43,9	60,5	79,22	99,85	124
$Z_{\text{gh}} 10^6 \text{đ/km}$	11,8	23,11	30	37,4	46,6	55,03

Bài 2.13. Cũng số liệu như bài 2.12. hãy xây dựng các đường cong chi phí tính toán của đường dây 0,38 kV.

Giải: Để xây dựng các đường cong chi phí tính toán trước hết ta xác định các giá trị chi phí quy đổi của các loại dây dẫn theo biểu thức:

$$Z = pV + \frac{S^2 r_0 \cdot \tau \cdot c_{\Delta}}{3 \cdot U_r}$$

Cho S nhận các giá trị từ 0 đến 100, xác định các giá trị Z tương ứng. Chi phí quy đổi của đường dây với dây dẫn A25 ứng với công suất 10 kVA sẽ là

$$Z = 0,16 \cdot 35,8 \cdot 10^6 + \frac{10^2 \cdot 1,25 \cdot 2969 \cdot 650}{3 \cdot 0,22} 10^{-9} = 5,97 \cdot 10^6 \text{ đ/km}$$

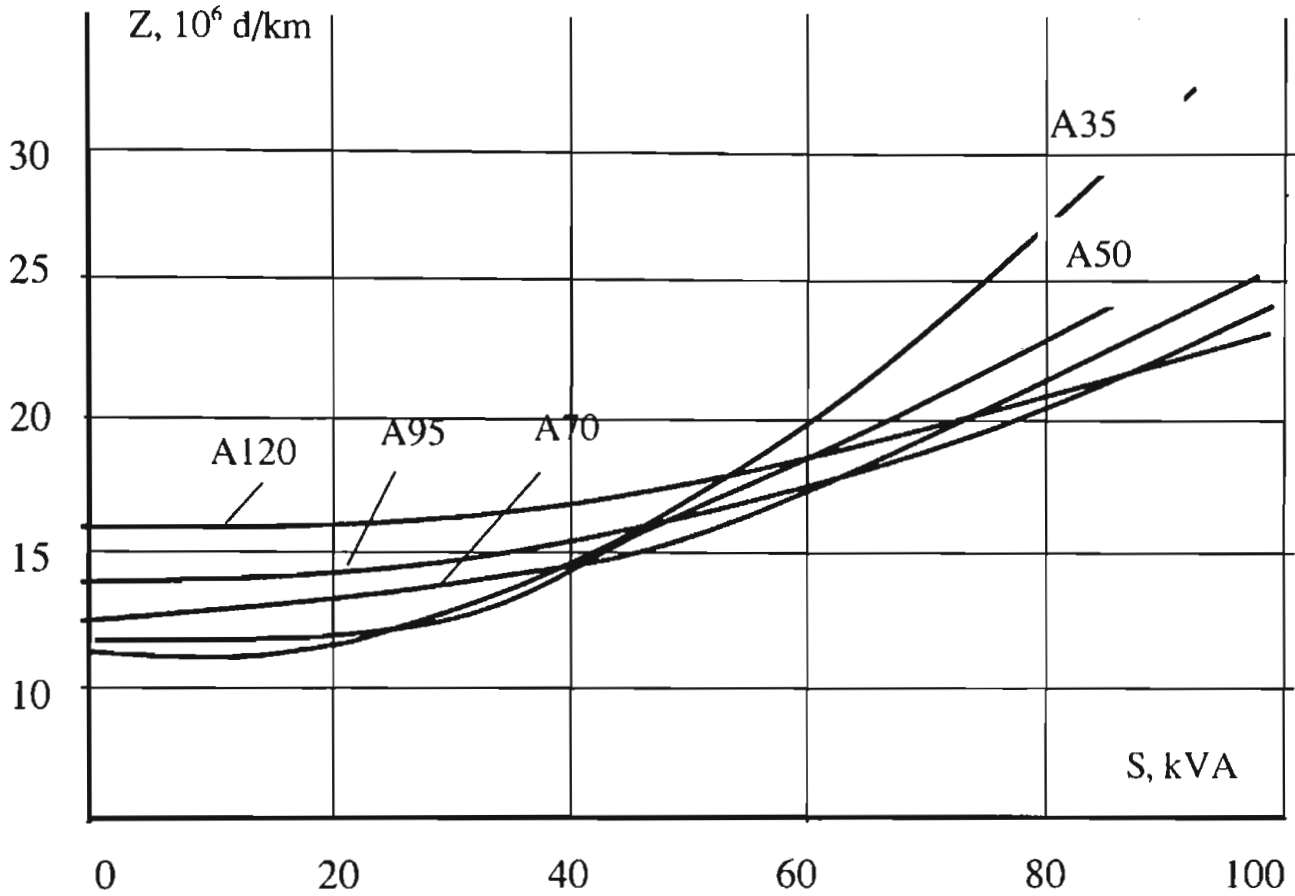
Tính toán tương tự cho các trường hợp khác, kết quả ghi trong bảng VD2.13. Dựa vào kết quả tính toán bảng VD2.13 ta xây dựng các đường cong chi phí tính toán hình 2.6.

Bảng VD.2.13. Kết quả tính toán chi phí quy đổi của 1 km đường dây hạ áp

S, kVA	Z, 10 ⁶ đ/km.năm với dây dẫn nhôm tiết diện mm ²							
	25	35	50	70	95	120	150	185
0	5,6	6,08	6,72	7,68	9,12	11,04	12,8	13,6
10	5,97	6,35	6,91	7,81	9,22	11,12	12,86	13,66
20	7,1	7,16	7,47	8,22	9,52	11,36	13,05	13,80
30	8,97	8,50	8,40	8,89	10,01	11,75	13,35	14,05
40	11,599	10,38	9,71	9,83	10,71	12,30	13,78	14,40
50	14,96	12,81	11,40	11,04	11,61	13,01	14,34	14,84
60	19,07	15,76	13,46	12,52	12,70	13,88	15,01	15,39
70	23,93	19,26	15,89	14,27	13,99	14,91	15,81	16,04
80	29,55	23,29	18,70	16,28	15,48	16,09	16,73	16,78
90	35,92	27,87	21,88	18,57	17,17	17,43	17,77	17,63
100	43,03	32,98	25,43	21,13	19,06	18,93	18,94	18,57

Bảng VD.2.13 (tiếp theo)

120	59,50	44,82	33,67	27,05	23,44	22,41	21,64	20,76
140	78,96	58,81	43,40	34,04	28,61	26,51	24,83	23,34
160	101,41	74,95	54,63	42,11	34,57	31,25	28,52	26,33



Hình 2.6. Biểu đồ chi phí tính toán của đường dây hạ áp 0,38 kV.

Bài 2.14. Xác định các chỉ tiêu kinh tế của trạm biến áp với số liệu cho trong bảng sau:

S, MVA	1	1,6	2,5	3,2	4,0	6,3
V, 10 ⁶ đ	112,67	134,26	134,26	163,35	175,57	235,28

Giải:

Quan hệ giữa vốn đầu tư trạm biến áp và công suất được thể hiện dưới dạng hàm tuyến tính
 $V_{ba} = m + n.S$

Để xác định các hệ số kinh tế m và n ta tiến hành xây dựng hàm tuyến tính trên theo biểu thức

$$V = \frac{\mu_{VS}}{\sigma_S^2} (S - S_{th}) + V_{th}$$

Bảng VD.2.14. Kết quả tính toán bài 2.14

TT	S, MVA	V.10 ⁶ d	ΔS	ΔS ²	ΔV	ΔV ²	ΔS.ΔV
1	1,000	112,67	-2,100	4,41	-49,59	2459,2	104,14
2	1,600	134,26	-1,5	2,25	-28	784	42
3	2,500	152,43	-0,6	0,36	-9,83	96,63	5,9
4	3,200	163,35	0,1	0,01	1,09	1,19	0,11
5	4,000	175,57	0,9	0,81	13,31	177,16	11,98
6	6,300	235,28	3,2	10,2	73,02	5331,9	233,7
Σ	18,60	973,56		18,1		8850,0	397,8
TB	3,100	162,26					

Tính toán tương tự như bài 2.6 ta tìm được

$$\sigma_S = 1,9; \sigma_V = 42,07 \quad \mu_{V.S} = 79,558 \quad ; r_{V.S} = 0,995$$

$$V = (22S + 94,06).10^6.$$

Vậy $m = 94,06$ triệu đồng; $n = 22$ tr.d/MVA

Bài 2.15. Một xí nghiệp công nghiệp có phụ tải là $S = 1530$ kVA, hãy chọn cấp điện áp tối ưu của lưới phân phối.

Giải: Có 3 phương án có thể xây dựng đường dây phân phối với các cấp điện áp tương ứng là 10, 22 và 35 kV.

Để so sánh các các phương án, trước hết ta xác định dòng điện tương ứng với các cấp điện áp theo biểu thức:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}.U};$$

$$I_1 = \frac{1530}{\sqrt{3}.10} = 88,33 \text{ A}; \quad I_2 = \frac{1530}{\sqrt{3}.22} = 40,15 \text{ A}; \quad I_3 = \frac{1530}{\sqrt{3}.35} = 25,24 \text{ A}$$

Xác định suất chi phí quy đổi cực tiểu của từng lưới điện bằng cách tra các đường cong chi phí quy đổi (hình 2.3 ÷ 2.5) ứng với các giá trị dòng điện vừa tìm được ta có $3_1 = 25,6.10^6$; $3_2 = 20,3.10^6$; $3_3 = 18,34.10^6$ đ/km.năm.;

Theo phương pháp Lagrange ta thiết lập hàm mục tiêu dạng:

$$Z = \frac{(U - U_2)(U - U_3)}{(U_1 - U_2)(U_1 - U_3)} 3_1 + \frac{(U - U_1)(U - U_3)}{(U_2 - U_1)(U_2 - U_3)} 3_2 + \frac{(U - U_1)(U - U_2)}{(U_3 - U_1)(U_3 - U_2)} 3_3$$

$$Z = \frac{(U - 22)(U - 35)}{(10 - 22)(10 - 35)} 25,6 + \frac{(U - 10)(U - 35)}{(22 - 10)(22 - 35)} 20,3 + \frac{(U - 10)(U - 22)}{(35 - 10)(35 - 22)} 18,34$$

$$= \left(\frac{U^2 - 57U + 770}{300} \cdot 25,6 + \frac{U^2 - 45U + 350}{-156} \cdot 20,3 + \frac{U^2 - 32U + 220}{325} \cdot 18,34 \right)$$

Sau khi rút gọn phương trình ta được hàm mục tiêu:

$$Z = (11,6.U^2 - 814.U + 32580)$$

Lấy đạo hàm và cho triệt tiêu ta nhận được phương trình

$$\frac{\partial Z}{\partial U} = 2.11,6.U - 814 = 0;$$

Nghiệm của phương trình: $U = \frac{814}{23,2} = 34,98 \text{ kV}$

Như vậy cấp điện áp tối ưu của lưới phân phối sẽ là 35 kV.

Bài 2.16: Xây dựng sơ đồ nối điện tối ưu cho mạng điện hạ áp biết công suất của các điểm tải và khoảng cách từ nguồn 0 đến các điểm tải và giữa chúng với nhau cho trong bảng VD 2.16.a. sau.

Bảng VD.2.16a. Số liệu về công suất và khoảng cách giữa các điểm tải bài 2.16

S, kVA	$Z_j \cdot 10^6$ đ/km	i j	Khoảng cách giữa các điểm tải, l_{ij} km						
			0	1	2	3	4	5	
84	15,6	1	1,11						
49	11	2	0,75	1,81					
50	11,04	3	0,3	1,03	0,77				
84,6	15,7	4	0,72	1,83	0,51	0,94			
63	12,55	5	0,4	1,81	0,68	0,68	0,38		
26,2	7,9	6	0,43	0,94	1,16	0,65	0,97	0,6	

Giải: Trước hết ta xác định suất chi phí ứng với phụ tải của các điểm ứng với dòng công suất 84 kVA theo đường cong chi phí tính toán (bảng VD.2.13) ta xác định được $3_1 = 15,6 \cdot 10^6$ đ/km, xác định tương tự cho các điểm tải khác, kết quả ghi trong bảng VD 2.16.b.

Bảng VD 2.16.b. Suất chi phí tính toán ứng với phụ tải của các điểm

Điểm tải	1	2	3	4	5	6
S, kVA	84	49	50	84,9	63	26,2
$3_j \cdot 10^6$ đ/km	15,6	11	11,04	15,7	12,55	7,9

Xác định chi phí quy đổi từ nguồn O đến các điểm tải $Z_{0,j}$. Chi phí từ nguồn 0 đến điểm

1

$$Z_{0,1} = 3_1 \cdot l_{01} = 15,6 \cdot 10^6 \cdot 1,11 = 17,316 \cdot 10^6$$

Tính toán tương tự cho các điểm tải khác, kết quả ghi trong bảng VD 2.16.c,

Ta thấy ở dòng đầu tiên này có $Z_{0,3} = 3,312 \cdot 10^6 = \min$, có nghĩa là ở bước này thao tác tối ưu sẽ là nối điểm 3 với O. Lúc này điểm 3 đã có điện do đó có thể lấy điện từ dây để cung cấp cho các điểm tải còn lại. Như vậy đã có 2 điểm đầu điện có thể cung cấp cho các điểm tải, ta cần phải so sánh để chọn bước nối tối ưu, muốn vậy ta phải xác định giá trị chi phí cho việc phân phối điện từ điểm 3 đến các điểm tải khác

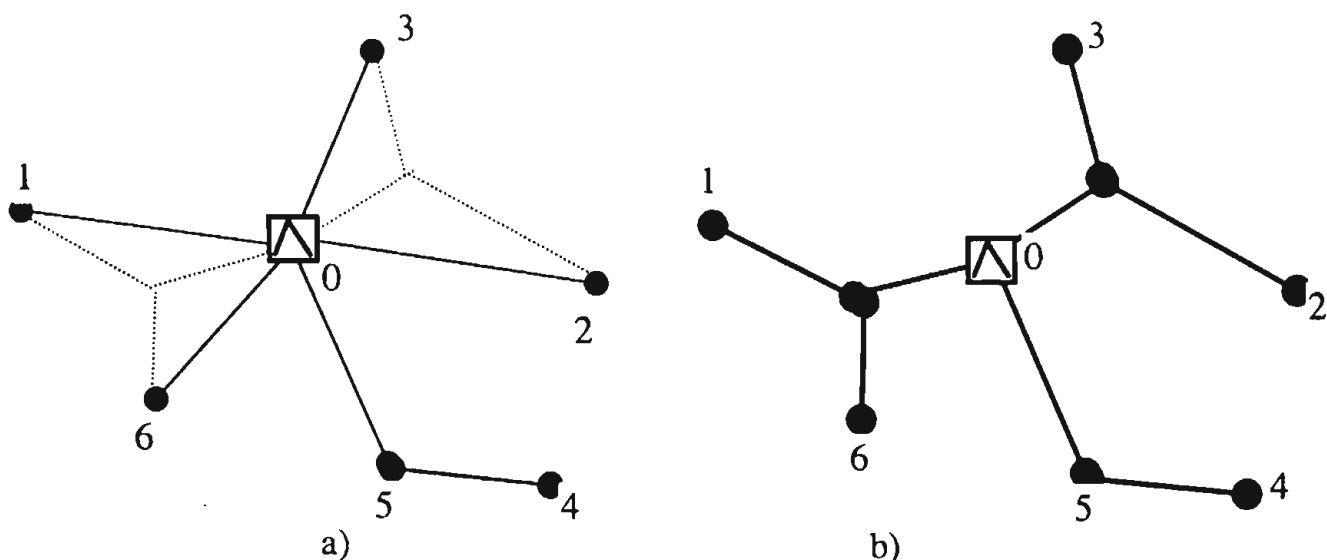
$$Z_{3,1} = 3_1 l_{31} + (3_{3+1} - 3_3) \cdot L_{03} = 15,6 \cdot 10^6 \cdot 1,03 + (23,11,04) \cdot 10^6 \cdot 0,3 = 18,28 \cdot 10^6$$

Ứng với phụ tải của điểm 3 và điểm 1 là $S_{3+1} = 50 + 84 = 134$ kVA ta tìm được suất chi phí quy đổi $3_{3+1} = 23 \cdot 10^6$ (bảng VD 2.13). Tính toán tương tự cho các điểm khác kết quả ghi trong bảng VD 2.16.c.

Bảng VD 2.16.c Kết quả tính toán các giá trị Z_{ij}

$\begin{matrix} j \\ i \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6
Z_{0j} 0	17,316	8,25	3,312	11,304	5,02	3,397
Z_{3j} 3-0	18,28	10,72	-	16,648	10,769	7,385
Z_{6j} 6-0	19,738	-	-	20,346	11,71	-
Z_{5j} 5-0	32,776	10,36	-	10,606	-	-
Z_{4j} 2-0	-	-	-	37,265	-	-
Z_{2j} 4-5	-	-	-	-	-	-

So sánh tất cả các giá trị Z_0 và Z_{31} ở cả 2 dòng ta thấy $Z_{0,5} = 3,397 \cdot 10^6 = \min$ vậy nối 6 với gốc 0 và tính Z_{6j} tương tự như trên ở đây ta thấy phương án nối 6 với 2 là không thể cạnh tranh vì hầu như điểm 2 đối xứng với điểm 6 qua gốc 0 do đó có thể không cần xét Z_{62} . Tiếp theo ta thấy $Z_{0,5} = 5,02 \cdot 10^6 = \min$ nối 5 với gốc 0 và tính Z_{5j} . Ở bước này ta thấy $Z_{0,2} = 8,25 \cdot 10^6 = \min$ nối 2 với 0 và tính Z_{2j} ; ở bước này $Z_{5,4} = 10,606 \cdot 10^6 = \min$ nối 4 với 5. Ở bước cuối chỉ còn lại điểm 1 và ta thấy ngay phương án nối 1 với 4 là không thể vì điểm 1 đối xứng với điểm 4 qua gốc 0, nên ta chỉ cần so sánh các Z_{ij} còn lại ở cột 1, ở đây có $Z_{0,1} = 17,316$ nhỏ nhất vậy ta nối 1 với gốc 0. Kết quả ta được sơ đồ nối điện như hình vẽ VD.2.16 a.



Hình 2.7. Sơ đồ nối tối ưu của mạng điện theo bài toán 2.16

Tiếp theo ta tiến hành xử lý các góc nhọn chỉ để lại 3 lộ ra cho mỗi trạm biến áp, muốn vậy ta tìm tâm đường tròn nội tiếp các tam giác 016 và tam giác 023, sau đó từ các tâm đường tròn nội tiếp các tam giác nối với các đỉnh tương ứng. Kết quả ta nhận được sơ đồ nối điện hình 2.7.b. Như vậy chiều dài của mạng điện được rút ngắn hơn so với sơ đồ hình 2.7.a, mà không hề ảnh hưởng đến khả năng truyền tải, đó chính là sơ đồ nối điện tối ưu cần tìm. Trong thực tế có thể có nhiều yếu tố khác nhau làm cản trở đến việc xây dựng sơ đồ tối ưu của mạng điện, chúng ta phải chấp nhận những thiệt hại nhất định để có sơ đồ nối điện phù hợp nhất.

Bài 2.17: Một dự án được đầu tư với số vốn là 15.000 \$, trong đó 50% là vốn vay với lãi suất đơn là 10%/năm, vốn được trả đều trong 5 năm. Doanh thu hàng năm là 7.000\$, chi phí vận hành hàng năm C_{vh} là 1000\$, khấu hao tuyến tính trong thời hạn 5 năm, thuế suất lợi tức là 50%. Hãy xác định các chỉ tiêu đánh giá dự án.

Giải: Trước hết ta xác định số tiền cần chi phí hàng năm.

Tổng số vốn vay là

$$V_v = 15000 \cdot 50\% = 7500 \text{ \$},$$

Số vốn phải hoàn lại mỗi năm là

$$V_{hv} = 7500 : 5 = 1500 \text{ \$},$$

Tiền trả lãi ở năm đầu là

$$V_{l1} = 7500 \cdot 10\% = 750 \text{ \$},$$

Trả lãi ở năm thứ hai là

$$V_{l2} = (7500 - 1500) \cdot 10\% = 600 \text{ \$}.$$

Bảng 1 vd.2.17. Kết quả tính toán các tham số kinh tế. (đơn vị \$)

Năm	B _t	C _{vh}	C _{kh}	V _{tv}	V _{trf}	T ₁	L _{tt}	Thuế
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
						(2)-(3)	(7)-4)	(8). s
0	0	7500				-7500		
1	7000	1000	3000	1500	750	6000	2250	1125
2	7000	1000	3000	1500	600	6000	2400	1200
3	7000	1000	3000	1500	450	6000	2550	1275
4	7000	1000	3000	1500	300	6000	2700	1350
5	7000	1000	3000	1500	150	6000	2850	1425

Tiếp bảng 1 vd.2.17

Năm	C _t	T ₂	B _t .β'	C _t .β'	T ₂ .β'	T ₂ .β' ₂	T ₂ .β' ₂
	(10)	(11)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
0	3+5+6+9	7-5-6-9	0	7500	-7500	-7500	-7500
1	7500	-7500	6300	3942	2340	2152.5	2100
2	4375	2625	5600	3483	2160	1814.4	1728
3	4300	2700	5040	3084	1998	1529	1420.3
4	4225	2775	4550	2739	1852.5	1285.3	1168.5
5	4150	2850	4200	2420.5	1755	1082.2	959.2
	4075	2925	25690	15667.5	2605.5	363.4	-123

Tính tương tự cho các năm khác kết quả ghi trong bảng 1 vd.2.17.

Chi phí khấu hao trung bình hàng năm

$$C_{kh} \frac{15000 - 0}{5} = 3000 \$;$$

Tổng chi phí ở năm thứ 0 được coi là số tiền vốn cần bỏ ra để xây dựng công trình
 $C_{vh} = 7500 \$$

Dòng tiền trước thuế ở năm thứ 0:

$$T_0 = B_t - C_{vh} = 0 - 7500 = -7500 \$$$

Ở năm thứ nhất: $T_1 = B_t - C_{vh1} = 7000 - 1000 = 6000 \$$

Lợi tức chịu thuế ở năm thứ nhất

$$L_{tt.1} = T_1 - C_{kh} - V_{trf} = 6000 - 3000 - 750 = 2250 \$$$

Thuế lợi tức ở năm thứ nhất

$$T_{lt} = L_{t,1} \cdot s = 2250 \cdot 0,5 = 1125 \$$$

Tổng chi phí

$$C_1 = C_{vh} + V_{tV} + V_{tI} + T_{lt}$$

$$C_{1,1} = 1000 + 1500 + 750 + 1125 = 4375 \$$$

Dòng tiền sau thuế

$$T_2 = T_1 - V_{tV} - V_{tI} - T_{lt}$$

$$T_{2,1} = 6000 - 1500 - 750 - 1125 = 2625 \$$$

$$NPV = 2605,5 \$$$

Tỷ số B/C

$$R = \frac{25690}{15667,5} = 1,64$$

$$IRR = 22(25-22) \frac{363,4}{363,4 + 123} = 24,24\%$$

Với $t_n = 3$ thì $NPV = -1002$ và với $t_n + 1 = 4$ thì $NPV = 850,5$ vậy thời gian thu hồi vốn là

$$T = 3 + \frac{1002}{850,5 + 1002} = 3,541 \text{ năm.}$$

Bài 2.18: Xác định các chỉ tiêu của dự án xây dựng mạng điện với số liệu ban đầu như sau: Công suất tính toán $P_M = 325 \text{ kW}$; thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 3480 \text{ h/năm}$; Mô hình dự báo phụ tải $A = A_0(1+a)^{t-1}$, với suất gia tăng phụ tải $a = 0,05$; Tỷ lệ tổn thất $\Delta A = 8,5\%$; Tổng số vốn của dự án $V_\Sigma = 1350 \cdot 10^6 \text{ VNĐ}$, trong đó vốn tự có là $950 \cdot 10^6 \text{ đ.}$ và vốn vay ngân hàng là $400 \cdot 10^6 \text{ đ.}$ với lãi suất $5\%/năm$, trả đều trong thời gian 10 năm; Khấu hao giảm dần với tỷ lệ $p_{kh} = 10\%$; Thuế suất $s = 25\%$; Hệ số chiết khấu $i = 10\%$; Giá mua điện ở đầu vào là $g_m = 360 \text{ đ/kWh}$, giá bán điện $g_b = 650 \text{ đ/kWh}$; Tỷ lệ chi phí vận và sửa chữa nhỏ hàng hàng năm $k_{O\&M} = 4,5\%$. Thời gian tính toán công trình $t = 15 \text{ năm}$.

Giải: Để đơn giản ta lấy đơn vị tính các chi phí là tr. đồng (10^6 đ)

Trước hết ta xác định sản lượng điện bán ra:

$$A_b = P_M \cdot T_M = 325 \cdot 3480 = 1131 \cdot 10^3 \text{ kWh}$$

Lượng điện năng tổn thất:

$$\Delta A = 1131 \cdot 10^3 \cdot 0,085 = 96,14 \cdot 10^3 \text{ kWh}$$

Điện năng mua vào:

$$A_m = A + \Delta A = (1131 + 96,14)10^3 = 1227,14 \cdot 10^3 \text{ kWh}$$

Chi phí mua điện:

$$C_m = A_m \cdot g_m = 1227,14 \cdot 460 \cdot 10^6 = 564,48 \text{ tr.đ.}$$

Doanh thu:

$$B = A_b \cdot g_b = 1131 \cdot 10^3 \cdot 750 = 848,25 \text{ tr.đ.}$$

Tham số của các năm tiếp theo được xác định tương tự với sản lượng điện bán ra

$$A_{b,2} = 1131 (1+0,0)^{(2-1)} = 1187,5 \cdot 10^3 \text{ kWh}$$

Chi phí vận hành hàng năm:

$$C_{vh} = k_{O\&M} \cdot V_{\Sigma} = 0,045 \cdot 1350 \cdot 10^6 = 60,75 \text{ tr.đ.}$$

Chi phí khấu hao

$$\text{Năm thứ nhất: } C_{kh,1} = \frac{1350 \cdot 10 \cdot 10^6}{55} = 245,45 \text{ tr.đ.}$$

$$\text{Năm thứ hai: } C_{kh,2} = \frac{1350 \cdot 9 \cdot 10^6}{55} = 220,91 \text{ tr.đ.}$$

Trả vốn hàng năm

$$V_{IV} = 400 \cdot 10^6 / 10 = 40 \text{ tr. đ.}$$

Trả lãi năm thứ nhất:

$$V_{tr,1} = 400 \cdot 10^6 \cdot 0,05 = 20 \text{ tr. đ.}$$

$$\text{Năm thứ hai: } V_{tr,2} = (400 - 40) \cdot 10^6 \cdot 0,05 = 18 \text{ tr. đ.}$$

Tổng chi phí không kể khấu hao năm thứ nhất.

$$C_1 = C_{m,1} + C_{vh} = (564,48 + 60,75) = 625,23 \text{ tr.đ.}$$

Dòng tiền trước thuế

$$T_{1,1} = B_1 - C_1 = (848,25 - 625,23) = 223,02 \text{ tr.đ.}$$

Lãi chịu thuế:

$$\text{Năm thứ nhất: } L_{tt} = T_{1,1} - C_{kh} - V_{tr} = 223,02 - 245,45 - 20 = -42,44 \text{ tr.đ.}$$

Thuế ở năm thứ nhất sẽ bằng không:

Tương tự, ở năm thứ 2 do lợi tức chịu thuế mang dấu âm nên sẽ không có thuế lợi tức

Năm thứ 3: $L_{n,3} = 252,1 - 196,36 - 16 = 39,4 \text{ tr.đ.}$

Thuế lợi tức: $t_{li} = L_{n,3} \cdot s = 39,4 \cdot 0,25 = 9,94 \text{ tr.đ.}$

Tổng chi phí toàn bộ:

$$C_{\Sigma} = C_m + C_{vh} + C_{kh} + V_{iv} + V_{ii} + t_{li} = 564,48 + =$$

$$= 60,75 + 245,45 + 40 + 20 + 9,94 = 930,69 \text{ tr.đ.}$$

Dòng tiền sau thuế:

$$T_2 = T_1 - V_{iv} - V_{ii} - t_{li} = 223,02 - 40 - 20 = 163,02 \text{ tr.đ.}$$

Hệ số quy đổi $\beta_1 = \frac{1}{(1+i)^1} = \frac{1}{(1+0,1)^1} = 0,91;$

Giá trị lợi nhận quy về hiện tại

$$L_{n1} = T_2 \cdot \beta_1 = 163,02 \cdot 0,91 = 148 \text{ tr.đ.}$$

Tính toán tương tự cho các năm khác, kết quả ghi trong bảng VD.2.18.

Bảng VD.2.18. Kết quả tính toán bài 2.18

t	A _b	A _m	ΔA	B	C _m	V _{iv}	V _{ii}	C _{vh}	C _i	C _{kh}	T _i
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0				0,00					950,00		-950,00
1	1131,00	1227,14	96,14	848,25	564,48	40	20	60,75	625,23	245,45	223,02
2	1187,55	1288,49	100,94	890,66	592,71	40	18	60,75	653,46	220,91	237,21
3	1246,93	1352,92	105,99	935,20	622,34	40	16	60,75	683,09	196,36	252,10
4	1309,27	1420,56	111,29	981,96	653,46	40	14	60,75	714,21	171,82	267,75
5	1374,74	1491,59	116,85	1031,05	686,13	40	12	60,75	746,88	147,27	284,17
6	1443,47	1566,17	122,70	1082,61	720,44	40	10	60,75	781,19	122,73	301,42
7	1515,65	1644,48	128,83	1136,74	756,46	40	8	60,75	817,21	98,18	319,53
8	1591,43	1726,70	135,27	1193,57	794,28	40	6	60,75	855,03	73,64	338,54
9	1671,00	1813,04	142,04	1253,25	834,00	40	4	60,75	894,75	49,09	358,50
10	1754,55	1903,69	149,14	1315,91	875,70	40	2	60,75	936,45	24,55	379,47
11	1842,28	1998,87	156,59	1381,71	919,48			60,75	980,23	0,00	401,48
12	1934,39	2098,82	164,42	1450,80	965,46			60,75	1026,21	0,00	424,59
13	2031,11	2203,76	172,64	1523,34	1013,73			60,75	1074,48		448,86
14	2132,67	2313,95	181,28	1599,50	1064,42			60,75	1125,17		474,34
15	2239,30	2429,64	190,34	1679,48	1117,64			60,75	1178,39		501,09

Bảng VD.2.18 (tiếp theo)

t	$L_{,n}$	t_n	C_{Σ}	T_2	β^t	$C_{\Sigma} \cdot \beta^t$	B, β^t	$T_2 \beta^t$	$T_2 \beta^t$ (i=20)	$T_2 \beta^t$ (i=21)
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0				-950,00	1,00	0,00	0,00	-9,50	-950,00	-950,00
1	-42,44	0,00	930,69	163,02	0,91	846,08	771,14	148,20	135,85	134,73
2	-1,70	0,00	932,37	179,21	1,82	1695,21	1619,39	325,83	124,45	122,40
3	39,74	9,94	945,39	186,17	2,73	2578,34	2550,53	507,73	107,74	105,09
4	81,93	20,48	960,51	193,26	3,64	3492,76	3570,75	702,78	93,20	90,16
5	124,90	31,22	977,38	200,95	4,55	4442,63	4686,61	913,40	80,76	77,47
6	168,69	42,17	996,09	209,25	5,45	5433,21	5905,12	1141,34	70,08	66,67
7	213,34	53,34	1016,73	218,19	6,36	6470,09	7233,78	1388,48	60,89	57,46
8	258,90	64,73	1039,40	227,81	7,27	7559,24	8680,53	1656,83	52,98	49,58
9	305,41	76,35	1064,19	238,15	8,18	8707,02	10253,88	1948,51	46,16	42,83
10	352,92	88,23	1091,22	249,24	9,09	9920,21	11962,86	2265,79	40,25	37,05
11	401,48	100,37	1080,60	301,11	10,00	108,06	13817,10	3011,09	40,53	36,99
12	424,59	106,15	1132,35	318,44	10,91	123,53	15826,86	3473,91	35,72	32,33
13	448,86	112,21	1186,69	336,64	11,82	140,25	18003,05	3978,50	31,46	28,25
14	474,34	118,58	1243,75	355,75	12,73	158,30	20357,30	4527,76	27,71	24,67
15	501,09	125,27	1303,66	375,82	13,64	177,77	22901,96	5124,79	24,39	21,54
Σ						121935	148141	30165	22,16	-22,79

NPV = 30165 tr.d.

$$R = B/C = 148141/121935 = 1,21$$

$$IRR = 20 + \frac{22,16}{22,16 + 22,79} = 20,49\%$$

Khi $t_n = 2$ thì $NPV = \sum_{t=0}^2 T_2 \beta^t = -475,97$ tr.d và khi $t = 3$ thì $NPV = 31,76$ tr.d.

Thời gian thu hồi vốn

$$T = t_n + \frac{-\sum_{t=0}^n T_2 \beta^t}{\sum_{t=0}^{n+1} T_2 \beta^t + \left| \sum_{t=0}^n T_2 \beta^t \right|} = 2 + \frac{475,97}{31,76 + 475,97} = 2,94 \text{ năm}$$

Nhận xét: Có thể nhận thấy là dự án mang lại hiệu quả kinh tế cao: NPV lớn, thời gian thu hồi vốn đầu tư nhỏ.

Cũng với dữ kiện của bài 2.18, nhưng toàn bộ số vốn đầu tư là vốn tự có thì lời giải sẽ là

NPV	IRR	B/C	T
320780 tr.d.	17,34 %	1,24	3,07 năm

Có nghĩa là NPV và B/C cao hơn so với phương án có vay vốn, tuy nhiên thời gian hoàn vốn cũng lâu hơn một chút.

3. BÀI TẬP TỰ GIẢI

2.1: Hãy so sánh và chọn phương án xây dựng mạng điện với hai phương án:

PA1: Tiết diện dây không đổi trên toàn bộ đường dây.

PA2: Đoạn đầu có dây dẫn với tiết diện lớn và đoạn cuối - dây với tiết diện nhỏ hơn.

Thời gian thu hồi vốn đầu tư tiêu chuẩn $T_{ic} = 10$ năm; tỷ lệ khấu hao $k_{kh} = 7\%$. Chi phí vốn đầu tư ban đầu V và chi phí hàng năm C cho trong bảng sau.

Phương án	$V, 10^6$ VNĐ	$C, 10^6$ VNĐ/năm
1	5680	916
2	4358	1022

2.2. Chọn phương án xây dựng mạng điện biết vốn đầu tư và chi phí hàng năm của các phương án theo các năm như sau (đơn vị 10^6 đ.)

Năm	Phương án 1		Phương án 2	
	V_1	C_1	V_2	C_2
1	614.75	51.33	464.45	75.45
2	691.86	59.91	522.15	88.32
3	746.3	74.52	562.87	110.23
4	918.66	87.375	691.84	129.51
5	982.17	91.905	739.36	136.31
6	1097.84	97.455	825.90	144.63
7	1145.46	101.34	861.54	150.46

Cho hệ số chiết khấu $i = 0,10$ hệ số tiêu chuẩn sử dụng vốn đầu tư và khấu hao $p = a_{ic} + k_{kh} = 0,17$

2.3. Chọn phương án xây dựng mạng điện biết vốn đầu tư và chi phí hàng năm của các phương án theo các năm như sau (đơn vị 10^6 đ.)

Năm	Phương án 1		Phương án 2	
	V_1	C_1	V_2	C_2
1	210	35	305	70
2	260	41	305	70
3	320	50	305	70
4	354	57	305	90
5	380	59	305	90
6	420	65	305	95
7	455	71	305	95

Cho hệ số chiết khấu $i = 0,10$ hệ số tiêu chuẩn sử dụng vốn đầu tư và khấu hao $p = a_c + k_{kh} = 0,18$

2.4. Một mạng điện hạ áp có công suất tính toán $P_{tt} = 213,05$ kW, thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4150$ h; Đường dây được xây dựng bằng dây nhôm 4xA120, với tổng chiều dài là 4,88 km. suất vốn đầu tư đường dây là $v_0 = 66,65 \cdot 10^6$ đ/km; thời gian tiêu chuẩn thu hồi vốn đầu tư $T_{ic} = 15$ năm, tỷ lệ khấu hao $k_{kh} = 0,038$, hệ số $k_{v\&M} = 0,015$; Tỷ lệ hao tổn điện năng 18,4%. Chi phí khác bằng 15% chi phí vận hành. Giá thành tổn thất điện năng $c_{\Delta} = 650$ đ/kWh. Hãy:

a. Xác định chi phí truyền tải điện năng.

b. Xây dựng quan hệ phụ thuộc giữa giá thành truyền tải điện năng với thời gian sử dụng công suất cực đại $g = f(T_M)$.

2.5. Xác định các chỉ tiêu kinh tế của đường cáp hạ áp 0,4 kV loại XLPE, biết số liệu về vốn đầu tư như sau.

Bảng BT.2.5. Suất vốn đầu tư đường dây cáp hạ áp (10^6 đồng/km)

F, mm ²	16	25	35	50	70	95	120	150	185
v, 10^6 đ/km	83.52	99.2	124,8	153.6	188.8	227.2	278.4	345.6	374.7

2.6. Xác định các chỉ tiêu kinh tế của đường cáp cao áp 10 kV loại AABG lõi nhôm, biết số liệu về vốn đầu tư như sau:

Bảng BT.2.6. Suất vốn đầu tư đường dây cáp 10 kV (10^6 đồng/km)

F, mm ²	16	25	35	50	70	95	120	150	185
V, 10^6 d/km	89,46	95,76	108,36	119,28	134,82	159,6	180,6	205,8	235,2

2.7. Xác định các chỉ tiêu kinh tế của máy biến áp 10/0,4 kV loại TM, biết số liệu về vốn đầu tư phụ thuộc vào công suất định mức của máy (kVA) như sau

Bảng BT.2.7. Vốn đầu máy biến áp 10/0,4 kV (10^6 đồng/km)

S	30	50	75	100	160	180	250	320	400	560	630	750	1000	1250
V	18,5	19,3	24	27,3	33,5	35,7	42,9	51,9	58	85,3	87,6	95,8	138,9	166,7

2.8. Xác định các chỉ tiêu kinh tế của máy biến áp 22/0,4 kV loại TM, biết số liệu về vốn đầu tư phụ thuộc vào công suất định mức của máy (kVA) như sau

Bảng BT.2.8. Vốn đầu máy biến áp 22/0,4 kV phụ thuộc vào công suất (10^6 đồng/km)

S	30	50	75	100	160	180	250	320	400	560	630	750	1000	1250
V	20,5	23,9	28,8	33,6	39,2	41,3	49,2	57,5	66,2	82,0	93,7	112,6	146,4	178,6

2.9. Xác định các chỉ tiêu kinh tế của máy biến áp 35/0,4 kV loại TM, biết số liệu về vốn đầu tư phụ thuộc vào công suất định mức của máy (kVA) như sau:

Bảng BT.2.9. Vốn đầu máy biến áp 35/0,4 kV (10^6 đồng/km)

S	30	50	75	100	160	180	250	320	400	560	630	750	1000	1250
V	26,6	31,1	32,9	39,4	46,2	49,2	54,7	65,3	72,8	94,4	105	122,9	162,3	194,7

2.10. Xác định mật độ dòng điện kinh tế của đường cáp hạ áp 0,4 kV, biết: hệ số kinh tế thay đổi của đường dây là $b = 1,79 \cdot 10^6$ đồng/km.mm²; thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 3540$ h; giá thành tổn thất điện năng $c_\Delta = 650$ d/kWh; điện trở suất của dây dẫn $\rho = 54$ Ω mm²/km; thời gian tiêu chuẩn thu hồi vốn đầu tư là $T_{ic} = 12$ năm và hệ số khấu hao $k_{kh} = 5\%$.

2.11. Xác định mô hình toán và mật độ dòng điện kinh tế của đường dây cáp 0,38 kV loại PVC, biết giá thành của đường dây cáp

Dây A-	16	25	35	50	70	95	120	150	185
V, 10^6 d	55,56	65,7	74,44	84,04	97,88	121,26	138,18	169,2	185,56
r_0, Ω /km		1,25	0,89	0,63	0,45	0,33	0,27	0,21	0,17

hệ số sử dụng hiệu quả và khấu hao vốn đầu tư $p = 0,16$; $\rho = 31,5 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$; $\tau = 2969 \text{ h}$. và giá thành tổn thất $c_{\Delta} = 650 \text{ đ/kWh}$.

2.12. Xác định mô hình toán và mật độ dòng điện kinh tế của đường dây hạ áp 0,38 kV, biết giá thành của đường dây (3 dây nhôm, cột H 8,5);

A	16	25	35	50	70	95	120	150	185
$V \cdot 10^6 \text{ đ/km}$	30,07	32,76	34,5	37,23	41,25	47,52	55,77	65,07	68,95

hệ số sử dụng hiệu quả và khấu hao vốn đầu tư $p = 0,16$; $\rho = 31,5 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$; $T_M = 4240 \text{ h}$. và giá thành tổn thất $c_{\Delta} = 650 \text{ đ/kWh}$.

2.13. Hãy chọn cấp điện áp tối ưu của lưới phân phối cung cấp cho một xí nghiệp công nghiệp có phụ tải là $S = 857,85 \text{ kVA}$.

2.14. Xác định các chỉ tiêu của dự án xây dựng mạng điện với số liệu ban đầu như sau: Công suất tính toán $P_M = 335 \text{ kW}$; Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 3570 \text{ h/năm}$; Mô hình dự báo phụ tải $A = A_0(1+a)^{t-1}$, với suất gia tăng phụ tải $a = 0,045$; Tỷ lệ tổn thất $\Delta A = 7,25\%$; Tổng số vốn của dự án $V_{\Sigma} = 980 \cdot 10^6 \text{ VNĐ}$; Khấu hao giảm dần với tỷ lệ $k_{kh} = 10\%$; Thuế suất $s = 20\%$; Hệ số chiết khấu $i = 10\%$; Giá mua điện ở đầu vào là $c_m = 420 \text{ đ/kWh}$, giá bán điện $c_b = 750 \text{ đ/kWh}$; Tỷ lệ chi phí vận và sửa chữa nhỏ hàng năm $k_{O\&M} = 5,2\%$. Thời gian tính toán công trình $t = 15 \text{ năm}$.

2.15. Hãy xác định các chỉ tiêu đánh giá dự án công trình điện với các thông tin ban đầu cho trong bảng BT.2.15. Số liệu được tra theo vần alphabê với chữ cái đầu của tên người thực hiện. Ngoài ra còn một số số liệu chung cho mọi phương án: Thuế suất $s = 20\%$; Khấu hao tuyến tính với tỷ lệ khấu hao $k_{kh} = 10\%$; tỷ lệ chi phí vận hành so với vốn đầu tư $k_{O\&M} = 5,2\%$; Giá mua điện $g_m = 420 \text{ đồng /kWh}$. Giá bán điện $g_b = 750 \text{ đ/kWh}$. Trả vốn đều hàng năm; hệ số chiết khấu $i = 10\%$; Thời hạn tính toán $t = 15 \text{ năm}$.

Bảng BT.2.15 Dữ kiện bài tập về nhà

Alphabê	Tham số phụ tải					Vốn đầu tư. 10^6 ĐVN				
	$P_M \text{ kW}$	$T_M \text{ h}$	$a \%$	$\Delta A \%$	Mô hình dự báo phụ tải ,	Tổng	tự có	Vốn vay		
						V_{Σ}	V_{lc}	V_{vay}	l%	t
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	335	3570	4,5	7,25	$P_0(1+a)^{t-1}$	980	980	0	-	
B	380	370	5,5	6,28	$P_0(1+a)^{t-1}$	1050	650	400	5	5
C	405	3470	4,55	5,29	$P_0(1+a)^{t-1}$	1200	550	650	5,2	7
D	390	3630	4,35	7,32	$P_0(1+a)^{t-1}$	1100	400	700	5,5	10

Bảng BT 2.15 (tiếp theo)

D	370	3820	3,85	8,05	$P_0(1+a)^{t-1}$	950	200	750	5	10
E	385	3670	3,58	6,52	$P_0(1+a)^{t-1}$	980	0	980	6	15
G	409	3780	4,05	7,27	$P_0[1+a(t-1)]$	1200	960	240	-	-
H	386	3780	4,66	6,34	$P_0[1+a(t-1)]$	1105	360	745	6	5
I	368	3280	4,28	7,88	$P_0[1+a(t-1)]$	960	600	360	5	5
K	375	3880	5,24	8,56	$P_0[1+a(t-1)]$	1150	0	1150	6	10
L	320	3570	4,3	8,92	$P_0[1+a(t-1)]$	807	807	0	-	-
M	335	3570	4,62	7,46	$P_0[1+a(t-1)]$	920	300	620	5	5
N	318	3570	4,37	5,87	$P_0[1+a(t-1)]$	800	200	600	5,5	5
O	295	3570	4,66	6,59	$P_0[1+a(t-1)]$	900	407	493	6	5
P	280	3570	4,25	9,23	$P_0[1+a(t-1)]$	850	0	850	6	7
Q	366	3270	4,07	10,45	$P_0(1+a)^{t-1}$	970	545	425	4,5	5
R	428	3145	3,75	8,3	$P_0(1+a)^{t-1}$	1200	1025	175	-	-
S	446	3145	4,27	7,5	$P_0(1+a)^{t-1}$	1320	900	420	4,5	3
T	438	3145	5,17	6,8	$P_0(1+a)^{t-1}$	1150	625	525	5,5	5
U	428	3145	4,63	9,45	$P_0(1+a)^{t-1}$	1200	425	775	5,5	5
U	408	3145	6,12	6,75	$P_0(1+a)^{t-1}$	1025	300	725	6	7
V	440	3145	6,20	7,55	$P_0(1+a)^{t-1}$	1300	200	1100	6	7
X	437	3145	4,56	8,46	$P_0(1+a)^{t-1}$	1250	125	1125	6	10
Y	386	3145	4,73	7,34	$P_0(1+a)^{t-1}$	1025	0	1025	6	10

Chương 3

MẠNG ĐIỆN

1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1.1. Xác định các tham số hệ thống của mạng điện

1.1.1. Đường dây

* Điện trở tác dụng

$$r_0 = \frac{\rho}{F} = \frac{1000}{\gamma F}, \Omega/\text{km}, \quad (3.1)$$

trong đó: ρ - điện trở suất; đối với đồng $\rho_{\text{cu}} = 18,8$; đối với nhôm $\rho_{\text{Al}} = 31,5$ ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$);

F - tiết diện dây dẫn (mm^2);

γ - điện dẫn suất ($\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$). Với đồng $\gamma_{\text{cu}} = 54$; với nhôm $\gamma_{\text{Al}} = 31,7$ ($\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$).

Điện trở tác dụng của đường dây

$$R = r_0 \cdot l$$

l - chiều dài đường dây, km.

Khi nhiệt độ của dây dẫn khác với nhiệt độ chuẩn của môi trường $\theta_n = 20$ °C thì điện trở tính toán sẽ là

$$R_1 = [1 + 0,004(\theta - 20)], \Omega,$$

θ - giá trị nhiệt độ thực tế của dây dẫn, °C.

* Điện trở cảm kháng

$$x_0 = 0,144 \lg \frac{D_{\text{th}}}{r_d} + 0,016, \Omega/\text{km}, \quad (3.2)$$

trong đó: $\omega = 2\pi f$ - là tần số góc;

D_{th} - khoảng cách trung bình giữa các dây dẫn, mm;

r_d - bán kính dây dẫn, mm;

$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_{12}D_{23}D_{31}} \quad (3.3)$$

Nếu dây dẫn 3 pha đặt cách nhau trên cùng một mặt phẳng, dây nọ cách dây kia là D thì có thể áp dụng biểu thức

$$D_{tb} = \sqrt[3]{2D^3} = 1,26D$$

Để giảm x_0 thì phải tăng r hoặc giảm D_{tb} . Vì D_{tb} phụ thuộc vào điện áp nên chỉ giảm ở mức độ nhất định, người ta thường tăng r bằng cách phân nhỏ dây dẫn của các pha. Điện trở kháng của đường dây sau khi phân nhỏ mỗi pha thành n dây được xác định theo biểu thức:

$$x_0 = 0,144 \lg \frac{D_{TB}}{r_{dt}} + \frac{0,016}{n}; \quad (3.4)$$

$$r_{dt} = \sqrt[n]{r_d a^{n-1}}; \quad a = \sqrt[n]{a_1 a_2 \dots a_n}, \quad (3.5)$$

r_{dt} - bán kính đẳng trị của dây dẫn;

a_1, a_2, \dots, a_n - khoảng cách giữa các pha phân nhỏ.

Với $U = 330 \text{ kV}$, thì $n = 2$; $U = 500 \text{ kV}$, $n = 4$; $U = 750 \text{ kV}$, $n = 5$.

Điện trở của đường dây được xác định theo biểu thức

$$R = r_0 l \quad \text{và} \quad X = x_0 l \quad \Omega;$$

* *Điện dẫn tác dụng*

$$G = g_0 l;$$

với
$$g_0 = \frac{\Delta P_{vq}}{U_n^2} 10^{-3} \text{ S/km}; \quad (3.6)$$

trong đó: ΔP_{vq} - suất tổn thất tác dụng do vắng quang, kW/km.

$$\Delta P_{vq} = \frac{0,18}{\delta} \sqrt{\frac{r_d}{D}} (U_r - U_{gh})^2, \text{ kW/km}; \quad (3.7)$$

δ - hệ số phụ thuộc vào áp suất và nhiệt độ của môi trường, ở $\theta = 25^\circ\text{C}$ thì $\delta = 1$

U_r - điện áp pha, kV;

U_{gh} - điện áp giới hạn

$$U_{gh} = m_0 m_1 \delta r_d \lg \frac{D_{tb}}{r_d}, \text{ kV}, \quad (3.8)$$

m_0 – hệ số phụ thuộc vào trạng thái bề mặt dây dẫn (với dây dẫn nhiều sợi $m_0 = 0,83 \div 0,87$);

m_1 – hệ số phụ thuộc vào điều kiện thời tiết (thời tiết khô $m_1 = 1$; thời tiết ẩm, $m_1 = 0,8$).

Nếu điện áp pha nhỏ hơn điện áp giới hạn thì sẽ không có hao tổn vầng quang, lúc đó $g_0 = 0$

* Điện dẫn phản kháng hay dung dẫn

$$B = b_0 \cdot l$$

với

$$b_0 = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{ib}}{r_d}} \cdot 10^{-6}, \text{ S/km} \quad (3.9)$$

Công suất phản kháng do đường dây sinh ra

$$Q_C = U^2 \cdot b_0 \cdot l; \quad (3.10)$$

U - điện áp định mức của đường dây.

1.1.2. Máy biến áp

a. Máy biến áp 2 cuộn dây

* Điện trở của máy biến áp được xác định dựa vào các tham số cơ bản cho trong hộ chiếu của máy

$$R_B = \frac{\Delta P_k U_{nBA}^2}{S_{nBA}^2}; \quad Z_B = \frac{U_k U_{nBA}^2}{100 S_{nBA}}; \quad X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2}, \Omega, \quad (3.11)$$

trong đó: ΔP_k - hao tổn công suất ngắn mạch của máy biến áp, MW;

U_k - điện áp ngắn mạch của máy biến áp, %;

S_{nBA} - công suất định mức của máy biến áp, MVA;

U_{nBA} - điện áp định mức của máy biến áp, kV.

Với các máy biến áp công suất lớn, giá trị của X_B rất lớn và có thể coi $X_B = Z_B$.

* Điện dẫn tác dụng của máy biến áp được xác định theo biểu thức

$$G_B = \frac{\Delta P_0}{U_{nBA}^2}, \text{ S (Sim)} \quad (3.12)$$

* Điện dẫn phản kháng xác định theo biểu thức

$$B_B = \frac{I_0 \% \cdot S_{nBA}}{100 \cdot U_{nBA}^2}, \text{ S}; \quad (3.13)$$

b. Máy biến áp 3 cuộn dây

Với máy biến áp 3 cuộn dây các tính toán cũng tương tự như máy biến áp 2 cuộn dây, chỉ khác là sự phân bố công suất giữa các cuộn dây cao, trung và hạ áp C/T/H theo các tỷ lệ khác nhau: thường là 100:100:100; 100:100;66,7 và 100:66,7:100.

Với phương án đầu điện trở tác dụng của các cuộn dây cao, trung, hạ tương ứng là

$$R_1 = R_2 = R_3 = 0,5R_B$$

Với phương án thứ 2 điện trở tác dụng của các cuộn dây cao, trung, hạ tương ứng là

$$R_1 = R_2 = 0,5R_B \text{ và } R_3 = 0,75R_B$$

Với phương án thứ 3 điện trở tác dụng của các cuộn dây cao, trung, hạ tương ứng là

$$R_1 = R_3 = 0,5R_B \text{ và } R_2 = 0,75R_B$$

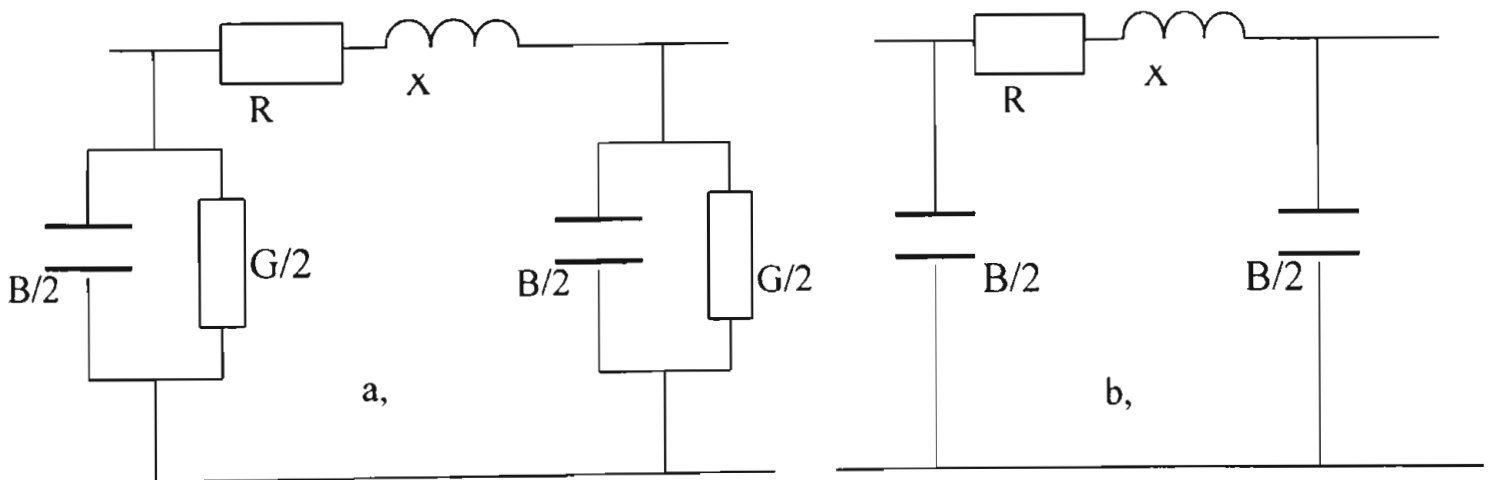
Điện áp ngắn mạch của các cuộn dây được xác định theo biểu thức

$$\begin{aligned} U_{k1} &= (U_{kc-T} + U_{kc-H} - U_{kt-H}) \cdot 0,5 \\ U_{k2} &= (U_{kc-T} + U_{kt-H} - U_{kc-H}) \cdot 0,5 \\ U_{k3} &= (U_{kc-H} + U_{kt-H} - U_{kc-T}) \cdot 0,5 \end{aligned} \tag{3.14}$$

U_{kc-T} , U_{kc-H} , U_{kt-H} - điện áp ngắn mạch giữa các cuộn dây: cao-trung; cao-hạ và trung-hạ.

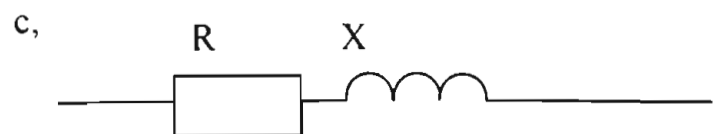
1.2. Sơ đồ thay thế của mạng điện

1.2.1. Sơ đồ thay thế của đường dây



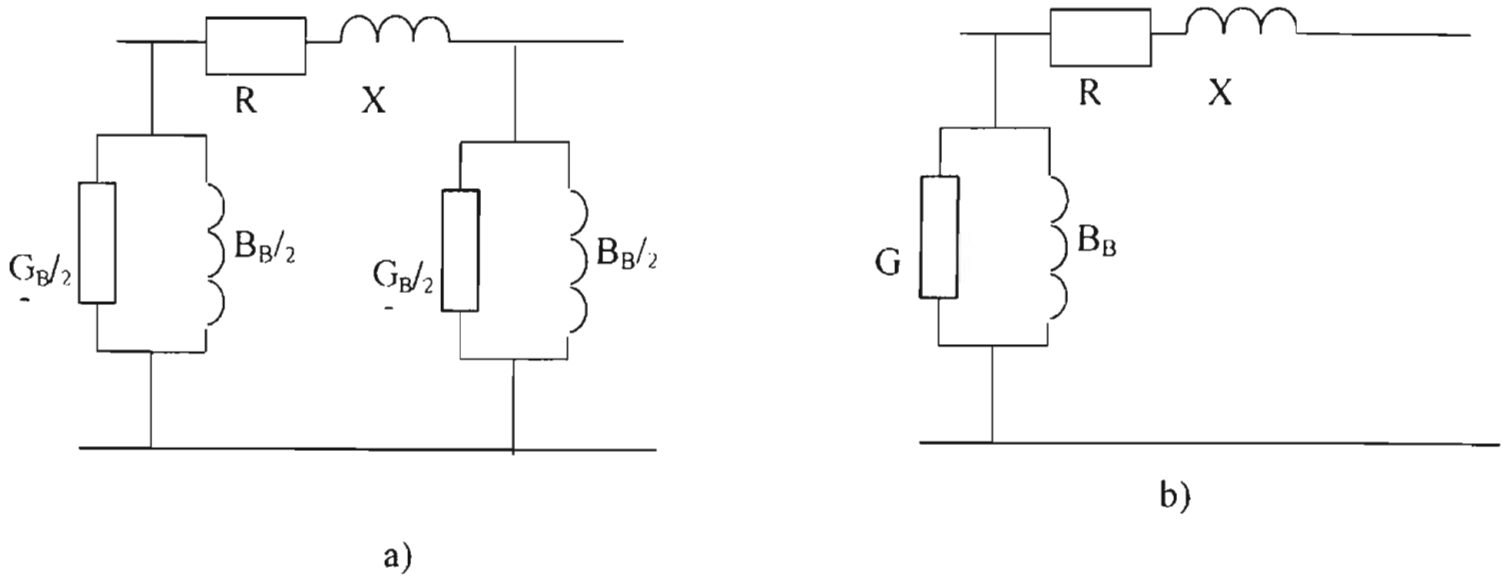
Hình 3.1. Sơ đồ thay thế của đường dây :

a, đường dây cung cấp > 110 kV; b, đường dây cung cấp , 110 kV; c, đường dây phân phối 6+35 kV;



1.2.2. Sơ đồ thay thế máy biến áp

Sơ đồ thay thế máy biến áp 3 pha 2 cuộn dây có thể biểu thị dưới dạng hình Γ hoặc hình Π , trên hình 3.2, là sơ đồ thay thế máy biến áp dưới dạng hình Γ .



Hình 3.2. Sơ đồ thay thế máy biến áp :
a. Sơ đồ hình Π ; b. sơ đồ hình Γ .

1.3. Tính toán mạng điện

1.3.1. Hao tổn điện áp

a. Hao tổn điện áp trên đường dây

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U_n}; \quad \delta U = \frac{PX - QR}{U_n}, \quad (3.15)$$

trong đó: P, Q - công suất tác dụng và phản kháng truyền tải trên đường dây;

U_n - điện áp định mức của đường dây.

- **Độ lệch điện áp** tại cuối đường dây là hiệu giữa giá trị điện áp thực tế tại điểm này U_2 với điện áp định mức của lưới tính theo phần trăm.

$$V = \frac{U_2 - U_n}{U_n} 100\% \quad (3.16)$$

* **Đối với đường dây có nhiều phụ tải**

Hao tổn điện áp tổng cộng là:

$$\Delta U = \frac{1}{U_n} \left(\sum_{i=1}^n P_i R_i + \sum_{i=1}^n Q_i X_i \right) \quad (3.17)$$

* Khi đường dây có phân nhánh:

Hao tổn điện áp trên đoạn dây AB được xác định

$$\Delta U_{AB} = \frac{P_1 R_1 + Q_1 X_1}{U} \quad (3.18)$$

Hao tổn điện áp trên đoạn dây BC:

$$\Delta U_{BC} = \frac{P_2 R_2 + Q_2 X_2}{U - \Delta U_{AB}} \quad (3.19)$$

Hao tổn điện áp trên đoạn dây BD :

$$\Delta U_{BD} = \frac{P_3 R_3 + Q_3 X_3}{U - \Delta U_{AB}}$$

* Đối với đường dây cung cấp:

$$\Delta U = \frac{(P + P_{Vq})R + (Q - Q_C)X}{U_n} \quad (3.20)$$

trong đó: P_{Vq} – hao tổn vãng quang.

*. Mạng điện không đối xứng có phụ tải mắc theo hình sao

Thành phần hao tổn điện áp tác dụng và phản kháng trong pha A xác định theo công thức:

$$\Delta U_{rA} = \sum_I (I_{rA} R + [I_{rA} - 0,5 (I_{rB} + I_{rC})] R_T);$$

$$\Delta U_{xA} = \sum_I (I_{xA} X + [I_{xA} - 0,5 (I_{xB} + I_{xC})] X_T),$$

trong đó: $R, R_T; X, X_T$ – thành phần tác dụng và phản kháng của điện trở dây pha và trung tính

n – số đoạn dây;

I_{ri}, I_{xi} – thành phần tác dụng và phản kháng của dòng điện chạy trên các pha.

Tổng hao tổn điện áp pha A

$$\Delta U_A = \sqrt{\Delta U_{rA}^2 + \Delta U_{xA}^2}$$

Tương tự như vậy, ta có thể tính được hao tổn điện áp của pha B và C:

$$\Delta U_{rB} = \sum_I (I_{rB} R + [I_{rB} - 0,5 (I_{rC} + I_{rA})] R_T)$$

$$\Delta U_{x_B} = \sum_1^n (I_{x_B} X + [I_{x_B} - 0,5 (I_{x_C} + I_{x_A})] X_T)$$

$$\Delta U_{r_C} = \sum_1^n (I_{r_C} R + [I_{r_C} - 0,5 (I_{r_B} + I_{r_A})] R_T)$$

$$\Delta U_{x_C} = \sum_1^n (I_{x_C} X + [I_{x_C} - 0,5 (I_{x_B} + I_{x_A})] X_T)$$

*. *Mạng điện không đối xứng có phụ tải nối tam giác*

Thành phần tác dụng và phản kháng của hao tổn điện áp

$$\Delta U_{r_{AB}} = \sum_1^n ([2I_{r_{AB}} + 0,5 (I_{r_{BC}} + I_{r_{CA}})] R)$$

$$\Delta U_{x_{AB}} = \sum_1^n ([2I_{x_{AB}} + 0,5 (I_{x_{BC}} + I_{x_{CA}})] X)$$

$$\Delta U_{AB} = \sqrt{\Delta U_{r_{AB}}^2 + \Delta U_{x_{AB}}^2}$$

Tương tự như trên, tính được hao tổn điện áp giữa các pha còn lại:

$$\Delta U_{BC} = \sum_1^n ([2I_{r_{BC}} + 0,5 (I_{r_{AB}} + I_{r_{CA}})] R) + j \sum_1^n ([2I_{x_{BC}} + 0,5 (I_{x_{AB}} + I_{x_{CA}})] X)$$

$$\Delta U_{CA} = \sum_1^n ([2I_{r_{CA}} + 0,5 (I_{r_{AB}} + I_{r_{BC}})] R) + j \sum_1^n ([2I_{x_{CA}} + 0,5 (I_{x_{AB}} + I_{x_{BC}})] X)$$

b. Hao tổn điện áp trong máy biến áp

Hao tổn điện áp trong máy biến áp cũng được xác định tương tự như đối với đường dây theo biểu thức

$$\Delta U_B = \frac{PR_B + QX_B}{U} \quad (3.21)$$

1.3.2. Hao tổn công suất

a. Hao tổn công suất trên đường dây

* *Đường dây có một phụ tải*

$$\Delta P_{đd} = 3 \left(\frac{S}{\sqrt{3}U} \right)^2 R = \frac{S^2}{U^2} R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R, \quad (3.22)$$

Hao tổn công suất phản kháng có giá trị là:

$$\Delta Q_{\text{dd}} = 3I^2X = 3(I_R^2 + I_X^2) X; \quad (3.23)$$

hay

$$\Delta Q_{\text{dd}} = \frac{S^2}{U^2} X = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X, \quad (3.24)$$

trong đó: S – công suất truyền tải trên đường dây, kVA;

R và X - điện trở của đường dây, Ω;

U - là điện áp lấy bằng điện áp định mức U_n , kV.

**Đường dây có nhiều phụ tải*

$$\Delta S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_n^2} R_i + j \sum_{i=1}^n \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_n^2} X_i; \quad (3.25)$$

b, Hao tổn công suất trong máy biến áp

Tổng hao tổn công suất trong máy biến áp là:

$$\Delta P_{\text{BA}} = \Delta P_0 + \Delta P_k \left(\frac{S}{S_{\text{nBA}}} \right)^2; \quad \Delta Q_{\text{BA}} = \frac{I_0 S_n}{100} + \frac{U_k S^2}{100 S_{\text{nBA}}}; \quad (3.26)$$

S – công suất truyền tải qua máy biến áp .

1.3.3. Tổn thất điện năng

a. Tổn thất điện năng trên đường dây

$$\Delta A_{\text{dd}} = \Delta P_{\text{dd}} \cdot \tau; \quad (3.27)$$

τ - thời gian hao tổn cực đại, có thể được xác định bằng công thức thực nghiệm Kezevit:

$$\tau = (0,124 + T_M \cdot 10^{-4})^2 8760; \quad (3.28)$$

b. Tổn thất điện năng trong máy biến áp

$$\Delta A_{\text{BA}} = \Delta P_0 t + \Delta P_k \left(\frac{S}{S_{\text{nBA}}} \right)^2 \tau; \quad (3.29)$$

trong đó: ΔP_0 , ΔP_k - hao tổn công suất không tải và hao tổn ngắn mạch của biến áp;

t - thời gian làm việc của máy biến áp;

τ - thời gian hao tổn công suất cực đại.

Trong trường hợp có n máy biến áp giống nhau thì

$$\Delta A_{\text{BA}} = n \cdot \Delta P_0 t + \frac{\Delta P_k}{n} \left(\frac{S}{S_{\text{nBA}}} \right)^2 \tau \quad (3.30)$$

1.4. Phương pháp chọn tiết diện dây dẫn trong mạng điện

1.4.1. Chọn tiết diện dây dẫn không đổi của đường dây theo hao tổn điện áp cho phép

Trước hết cho x_0 một giá trị trong khoảng $(0,35 \div 0,4 \text{ } \Omega/\text{km})$ và xác định thành phần phản kháng của hao tổn điện áp cho phép

$$\Delta U_X = \frac{\sum Q_i l_i x_0}{U} \quad (3.31)$$

Xác định thành phần tác dụng của hao tổn điện áp cho phép

$$\Delta U_R = \Delta U_{cp} - \Delta U_X$$

Tiết diện dây dẫn không đổi trên toàn đường dây được xác định theo biểu thức

$$F = \frac{\sum_i^n P_i l_i}{\gamma U \Delta U_R}, \quad (3.32)$$

trong đó: P_i – công suất tác dụng trên đoạn dây thứ i , kW;

l_i – chiều dài đoạn dây thứ i , m;

U – điện áp định mức của đường dây, kV;

ΔU_R – thành phần tác dụng của hao tổn điện áp cho phép, V;

γ – điện dẫn của vật liệu, $\Omega \cdot \text{m}/\text{mm}^2$ (đối với dây nhôm $\gamma = 31,5$ và dây đồng $\gamma = 54$).

Căn cứ vào giá trị của tiết diện tính toán F để lựa chọn dây dẫn ứng với thang tiết diện gần nhất về phía trên, sau đó kiểm tra lại hao tổn điện áp thực tế của dây dẫn vừa chọn.

1.4.2. Xác định tiết diện dây dẫn theo chi phí kim loại cực tiểu

a. Đường dây không phân nhánh

Tiết diện của đường dây không phân nhánh gồm nhiều đoạn được xác định trước hết từ đoạn dây cuối cùng (đoạn thứ n):

$$F_n = \frac{\sqrt{P_n}}{\gamma U \Delta U_R} \sum_I^n l_i \sqrt{P_i} \quad (3.33)$$

P_n – công suất tác dụng trên đoạn dây thứ n .

Giá trị của ΔU_R cũng được xác định tương tự như ở mục 1.4.1. ở trên.

Tiết diện của các đoạn dây khác theo biểu thức

$$F_i = F_n \sqrt{\frac{P_i}{P_n}} \quad (3.34)$$

b. Đối với đường dây phân nhánh

Trước hết xác định thành phần tác dụng của hao tổn điện áp cho phép trên đoạn dây chung theo biểu thức

$$\Delta U_{R0} = \frac{\Delta U_R}{1 + \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^n P_i l_i^2}{P_0 l_0^2}}} \quad (3.35)$$

Tiết diện dây dẫn trên đoạn đầu được xác định

$$F_0 = \frac{P_0 l_0}{\gamma \cdot U \Delta U_0} \quad (3.36)$$

P_0 và l_0 là công suất tác dụng chạy trên đoạn dây chung và chiều dài của nó.

Chọn dây dẫn có tiết diện gần F_0 nhất về phía trên và xác định thành phần tác dụng của hao tổn điện áp thực tế trên đoạn dây đầu

$$\Delta U_{R0th} = \frac{P_0 \cdot r_0 \cdot l_0}{U}$$

Thành phần tác dụng của hao tổn điện áp cho phép trên các đoạn dây phân nhánh

$$\Delta U_{Ri} = \Delta U_R - \Delta U_{R0th}$$

Tiết diện dây dẫn của các đoạn dây phân nhánh được xác định tương tự theo biểu thức

$$F_i = \frac{P_i l_i}{\gamma \cdot U \Delta U_{Ri}} \quad \text{và} \quad F_2 = \frac{P_2 l_2}{\gamma \cdot U \Delta U_{Ri}}$$

trong đó: P_i, l_i – công suất tác dụng và chiều dài của đoạn dây phân nhánh thứ i .

1.4.3. Xác định tiết diện thay đổi của đường dây theo mật độ dòng điện không đổi

Phương pháp xác định tiết diện dây dẫn theo mật độ dòng điện không đổi được áp dụng khi thời gian sử dụng công suất cực đại T_M nhỏ.

a. Đường dây không phân nhánh

Các bước tính toán xác định ΔU_R tương tự như các phương pháp khác, sau đó xác định mật độ dòng điện không đổi theo biểu thức

$$j = \frac{\gamma \Delta U_k}{\sqrt{3} \sum_1^n I_i \cos \varphi_i}, \quad (3.37)$$

trong đó: $\cos \varphi_i$ - hệ số công suất tương ứng ở đoạn dây thứ i .

Với mật độ dòng điện J , ta xác định được tiết diện dây dẫn trên các đoạn:

$$F_1 = \frac{I_1}{J}; F_2 = \frac{I_2}{J}; \dots; F_n = \frac{I_n}{J}. \quad (3.38)$$

1.4.4. Chọn tiết diện dây dẫn theo dòng điện cho phép của dây dẫn

Theo phương pháp này tiết diện dây dẫn được chọn theo điều kiện

$$I_{IV} \leq I_{cp}$$

I_{cp} - dòng điện cho phép ứng với từng loại dây dẫn, phụ thuộc vào nhiệt độ đốt nóng cho phép của chúng.

1.4.5. Chọn tiết diện dây dẫn của mạng điện chiếu sáng

$$F = \frac{M_{qd}}{\Delta U_{cp} \% \cdot C}, \quad (3.39)$$

trong đó: M_{qd} - tổng momen quy đổi của tất cả các nhánh, được xác định như sau:

$$M_{qd} = \sum M_i + \sum \alpha M_j; \quad (3.40)$$

trong đó: M_i - momen tải của các nhánh có cùng số lượng dây dẫn với đường trục chính;

M_j - momen tải của các nhánh có số lượng dây dẫn khác với nhóm trên;

$M = Pl$ - momen tải;

$\Delta U_{cp} \%$ - hao tổn điện áp cho phép, %;

$C = \gamma U_m^2 \cdot 10^5$ - hệ số phụ thuộc vào cấu trúc mạng điện, được cho trong bảng 4.pl.BT;

α - hệ số quy đổi, phụ thuộc vào kết cấu của mạng, cho trong bảng 5.pl.BT.

1.5. Kiểm tra mạng điện khi mở máy động cơ

$$\Delta U_{kd} = \frac{Z_B + Z_{dd}}{Z_B + Z_{dd} + Z_{dk}} 100, \quad (3.41)$$

Z_B - là tổng trở của máy biến áp, có thể xác định theo biểu thức:

$$Z_B = \frac{U_k \%}{100} \frac{U_n}{\sqrt{3}I_n}, \quad (3.42)$$

trong đó: $U_k \%$ - điện áp ngắn mạch phân trăm của máy biến áp ;

U_n, I_n - điện áp và dòng điện định mức;

Z_{dd} - tổng trở của đường dây có thể xác định theo công thức:

$$Z_d = (r_0 + jx_0)l = Z_0 l (\Omega)$$

Z_{dc} - tổng trở của động cơ khi mở máy:

$$Z_{dc} = \frac{U_n}{\sqrt{3}I_n K_1} \quad (3.43)$$

K_1 - bội số dòng điện mở máy của động cơ.

Giá trị ΔU_{kd} phải nhỏ hơn 40%.

Trường hợp động cơ điện được cung cấp từ máy phát đồng bộ qua đường dây thì hao tổn điện áp tính theo biểu thức:

$$\Delta U_{kd} = \frac{Z_{mp} + Z_{dd}}{Z_{mp} + Z_{dd} + Z_{dc}} 100; \quad (3.44)$$

Z_{mp} - tổng trở của máy phát.

$$Z_{mp} = \frac{U_n}{\sqrt{3}I_n K_{nm}}; \quad (3.45)$$

K_{nm} - bội số dòng điện ngắn mạch của máy phát điện.

2. BÀI GIẢI MẪU

Bài 3.1: Hãy xác định các tham số hệ thống và sơ đồ thay thế của đường dây 10 kV có dây dẫn là AC-50, chiều dài $l = 25$ km, khoảng cách giữa các pha là 2 m. Đường kính trung bình của dây AC-50 là 9,6 mm. ($r_d = 0,48$ cm).

Giải: Điện trở tác dụng trên một đơn vị chiều dài

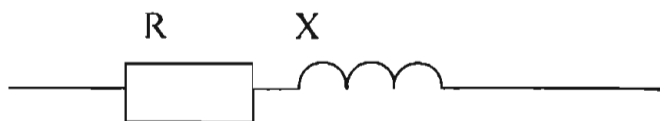
$$r_0 = \frac{\rho}{F} = \frac{1000}{\gamma F} = \frac{1000}{31,7.50} = 0,631, \Omega/\text{km}$$

Suất điện trở cảm kháng

$$x_0 = 0,144 \lg \frac{D_{th}}{r_d} + 0,016 = 0,144 \lg \frac{252}{0,48} + 0,016 = 0,41 \Omega/\text{km};$$

Khoảng cách trung bình giữa các pha

$$D_{TB} = \sqrt[3]{D_{12}D_{23}D_{31}} = \sqrt[3]{2.2.4} = 2,52 \text{ m}$$



Điện trở của đường dây

$$R = r_0.l = 0,631.25 = 15,775 \Omega$$

$$X = x_0.l = 0,41.25 = 10,25 \Omega.$$

Hình 3.3. Sơ đồ thay thế mạng điện 10 kV.

Bài 3.2: Hãy xác định các tham số hệ thống và sơ đồ thay thế của đường dây 110 kV có dây dẫn là AC-70, chiều dài $l = 65$ km, khoảng cách giữa các pha là 4 m; các hệ số $m_0=0,85$; $m_1 = 1$ và $\delta = 1$; Đường kính trung bình của dây AC-70 là 11,4 mm, hay $r_d = 5,7$ mm.

Giải: Điện trở tác dụng trên một đơn vị chiều dài

$$r_0 = \frac{\rho}{F} = \frac{1000}{\gamma F} = \frac{1000}{31,7.70} = 0,45, \Omega/\text{km}$$

Suất điện trở cảm kháng

$$x_0 = 0,144 \lg \frac{D_{tb}}{r_d} + 0,016 = 0,144 \lg \frac{504}{0,57} + 0,016 = 0,44 \Omega/\text{km}$$

Khoảng cách trung bình giữa các pha

$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_{12}D_{23}D_{31}} = \sqrt[3]{4.4.8} = 5,04 \text{ m} = 504 \text{ cm}$$

Điện trở của đường dây

$$R = r_0.l = 0,45.67 = 30,15 \Omega$$

$$X = x_0.l = 0,43.67 = 29,48 \Omega$$

Điện áp giới hạn

$$U_{gh} = 48,9.m_0.m_1.\delta.r_d \lg \frac{D_{tb}}{r_d} = 48,9.0,85.1.1.0,57 \lg \frac{504}{0,57} = 69,8 \text{ kV}$$

$m_0 = 0,85$; $m_1 = 1$ và $\delta = 1$; (theo điều kiện của đường dây)

Khi dây dẫn được mắc theo chiều ngang thì điện áp giới hạn ở pha giữa là

$$U_{gh1} = 0,96.U_{gh} = 0,96.69,8 = 67 \text{ kV}$$

ở pha biên:

$$U_{gh1} = 1,06.U_{gh} = 1,06.69,8 = 73,9 \text{ kV}$$

Điện áp pha

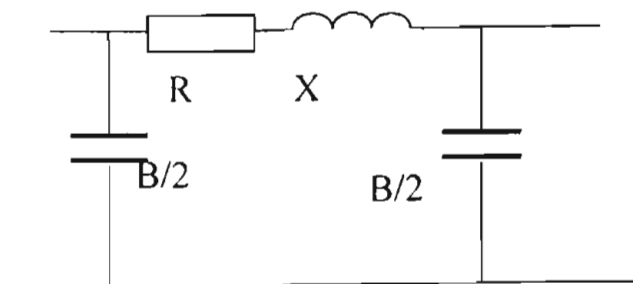
$$U_l = \frac{110}{\sqrt{3}} = 63,5, \text{ kV} < U_{gh1} = 67 \text{ kV}$$

do đó không có tổn thất văng quang, $g_0 = 0$

Xác định giá trị dung dẫn

$$b_0 = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{th}}{r_d}} \cdot 10^{-6} = \frac{7,58}{\lg \frac{504}{0,57}} 10^{-6} = 2,57 \cdot 10^{-6} \text{ sim/km}$$

$$B = b_0 \cdot l = 2,57 \cdot 10^{-6} \cdot 67 = 1,72 \cdot 10^{-4}, \text{ sim.}$$



Hình 3.4. Sơ đồ thay thế mạng điện 110 kV.

Bài 3.3: Hãy xác định các tham số hệ thống và sơ đồ thay thế của đường dây 220 kV có dây dẫn là ACO-240, chiều dài $l = 183$ km, khoảng cách giữa các pha là 8,3 m, các hệ số $m_0 = 0,86$; $m_1 = 0,8$ và $\delta = 0,9$. Đường kính trung bình của dây ACO-240 là 21,6 mm., hay $r_d = 10,8$ mm

Giải: Điện trở tác dụng trên một đơn vị chiều dài

$$r_0 = \frac{\rho}{F} = \frac{1000}{\gamma F} = \frac{1000}{31,7 \cdot 240} = 0,13, \Omega/\text{km}$$

Suất điện trở cảm kháng

$$x_0 = 0,144 \lg \frac{D_{th}}{r_d} + 0,016 = 0,144 \lg \frac{1033}{1,08} + 0,016 = 0,445 \Omega/\text{km};$$

Khoảng cách trung bình giữa các pha

$$D_{th} = \sqrt[3]{D_{12} D_{23} D_{31}} = \sqrt[3]{8,3 \cdot 8,3 \cdot 16,6} = 10,33 \text{ m} = 1033 \text{ cm}$$

Điện trở của đường dây

$$R = r_0 \cdot l = 0,130 \cdot 183 = 21 \Omega$$

$$X = x_0 \cdot l = 0,445 \cdot 183 = 81,48 \Omega.$$

Điện áp giới hạn

$$U_{gh} = 48,9 \cdot m_0 \cdot m_1 \cdot \delta \cdot r_d \lg \frac{D_{th}}{r_d} = 48,9 \cdot 0,86 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,08 \cdot \lg \frac{1033}{1,08} = 97,43 \text{ kV}$$

$m_0 = 0,86$; $m_1 = 0,8$ và $\delta = 0,9$ (theo điều kiện của đường dây)

Khi dây dẫn được mắc theo chiều ngang thì điện áp giới hạn ở pha giữa là

$$U_{gh1} = 0,96 \cdot U_{gh} = 0,96 \cdot 97,43 = 93,57 \text{ kV}$$

Ở pha biên: $U_{gh1} = 1,06 \cdot U_{gh} = 1,06 \cdot 97,43 = 103,32 \text{ kV}$

Điện áp pha $U_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127, \text{ kV} > U_{gh1} = 97,43 \text{ kV}$

Do đó hao tổn vầng quang là

$$\Delta P_0 = \frac{0,18}{\delta} \sqrt{\frac{r_d}{D}} (U_f - U_{gh})^2 = \frac{0,18}{0,9} \sqrt{\frac{1,08}{1033}} (127 - 97,43)^2 = 5,64 \text{ kW / km ;}$$

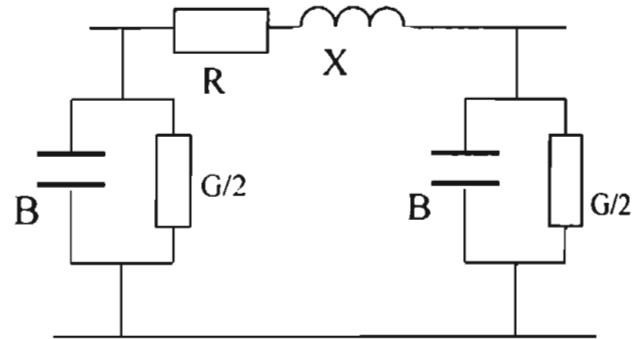
$$g_0 = \frac{\Delta P_0}{U_n^2} \cdot 10^{-3} = \frac{5,64}{220^2} \cdot 10^{-3} = 116,5 \cdot 10^{-9} = \text{S/km;}$$

Xác định giá trị dung dẫn

$$b_0 = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{th}}{r_d}} \cdot 10^{-6} = \frac{7,58}{\lg \frac{1033}{1,08}} 10^{-6} = 2,542 \cdot 10^{-6} \text{ S/km}$$

$$G = g_0 \cdot l = 116,5 \cdot 10^{-9} \cdot 183 = 21,315 \cdot 10^{-6}, \text{ sim}$$

$$B = b_0 \cdot l = 2,542 \cdot 10^{-6} \cdot 183 = 465 \cdot 10^{-6}, \text{ sim.}$$



Hình 3.5. Sơ đồ thay thế mạng điện 220 kV.

Bài 3.4. Hãy xác định sự thay đổi điện trở phản kháng của đường dây 220 kV với dây dẫn mắc theo chiều ngang khoảng cách giữa các dây dẫn là 8,3 m, nếu thay vì dùng dây ACO-600 người ta xây dựng 2 dây ACO-300 cho mỗi pha, khoảng cách giữa các dây dẫn này là 35 cm.

Giải: Khoảng cách trung bình giữa các pha

$$D_{th} = \sqrt[3]{D_{12} D_{23} D_{31}} = 1,26 \cdot D = 1,26 \cdot 8 = 10,33 \text{ m} = 1033 \text{ cm}$$

Suất điện trở cảm kháng

$$x_0 = 0,144 \lg \frac{D_{th}}{r_d} + 0,016 = 0,144 \lg \frac{1033}{1,65} + 0,016 = 0,417 \Omega/\text{km};$$

Xác định giá trị dung dẫn

$$b_0 = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{th}}{r_d}} \cdot 10^{-6} = \frac{7,58}{\lg \frac{1033}{1,65}} 10^{-6} = 2,72 \cdot 10^{-6} \text{ S/km}$$

Bán kính đẳng trị khi thay 2 dây cho mỗi pha

$$r_{dt} = \sqrt[n]{r_d a^{n-1}} = \sqrt{1,65 \cdot 35^{2-1}} = 7,6 \text{ cm}$$

Vậy điện trở cảm kháng và dung dẫn của đường dây phân pha sẽ là:

$$x'_{0} = 0,144 \lg \frac{D_{th}}{r_{dt}} + 0,016 = 0,144 \lg \frac{1033}{7,6} + 0,016 = 0,322 \Omega/\text{km};$$

$$b'_{0} = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{th}}{r_{dt}}} \cdot 10^{-6} = \frac{7,58}{\lg \frac{1033}{7,6}} 10^{-6} = 3,57 \cdot 10^{-6}$$

So với đường dây không phân pha thì giá trị x_0 giảm, còn b_0 thì tăng

$$\Delta x_0 = \frac{0,417 - 0,32}{0,417} 100 = 23,26\%$$

$$\Delta b_0 = \frac{3,57 - 2,72}{2,72} 100 = 31,25\%$$

Bài 3.5. Hãy xác định các tham số của sơ đồ thay thế máy biến áp 2 cuộn dây loại TM-5600/35

Giải:

Theo bảng 15.pl [1] ta tìm được các giá trị:

$$S_{nBA} = 5600 \text{ kVA}; U_n = 38,5 \text{ kV};$$

$$\Delta P_k = 57 \text{ kW}; \Delta P_0 = 18,5 \text{ kW};$$

$$I_0 = 4,5\%; U_k = 7,5\%$$

Điện trở của máy biến áp

$$R_B = \frac{\Delta P_k U_{nBA}^2}{S_{nBA}^2} = \frac{57 \cdot 38,5^2 \cdot 10^3}{5600^2} = 2,694 \Omega$$

$$Z_B = \frac{U_k U_{nBA}^2}{100 \cdot S_{nBA}} = \frac{7,5 \cdot 38,5^2 \cdot 10^3}{100 \cdot 5600} = 19,85 \Omega$$

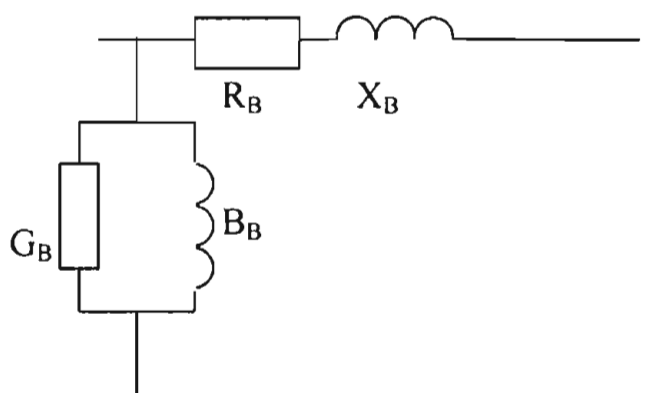
$$X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = \sqrt{19,85^2 - 2,694^2} = 19,67 \Omega$$

Điện dẫn tác dụng của máy biến áp

$$G_B = \frac{\Delta P_0}{U_{nBA}^2} = \frac{18,5}{38,5^2} = 913,58 \cdot 10^{-6} \text{ S}$$

Điện dẫn phản kháng xác định theo biểu thức

$$B_B = \frac{I_0 \% \cdot S_{nBA}}{100 \cdot U_{nBA}^2} = \frac{4,5 \cdot 5600}{100 \cdot 38,5^2} = 170 \cdot 10^{-6} \text{ S}$$



Hình 3.6. Sơ đồ thay thế máy biến áp 2 cuộn dây.

Bài 3.6. Hãy xác định các tham số của sơ đồ thay thế máy biến áp 3 cuộn dây 121/38,5/11 kV loại máy TMT5600/110; Tỷ lệ công suất giữa các cuộn dây là 100:100:100

Giải: Theo bảng 15.pl[1] ta tìm được các giá trị: $S_{nBA} = 5600$ kVA; $U_n = 121$ kV; $\Delta P_0 = 32$ kW; $\Delta P_k = 69,5$ kW ; $I_0 = 4,8\%$; $U_{kC-T} = 17\%$; $U_{kC-H} = 10,5\%$; $U_{kT-H} = 6\%$;

Điện trở tác dụng của máy biến áp

$$R_B = \frac{\Delta P_k U_{nBA}^2}{S_{nBA}^2} = \frac{69,5 \cdot 121^2 \cdot 10^3}{5600^2} = 32,45 \Omega$$

Từ tỷ lệ phân bố công suất giữa các cuộn dây có thể tìm được điện trở tác dụng tương ứng của các cuộn dây là

$$R_1 = R_2 = R_3 = 0,5 \cdot R = 0,5 \cdot 32,45 = 16,225 \Omega$$

Xác định điện áp ngắn mạch của các cuộn dây

$$U_{kC} = 0,5 \cdot (U_{kC-T} + U_{kC-H} - U_{kT-H}) = 0,5 \cdot (17 + 10,5 - 6) = 10,75\%$$

$$U_{kT} = 0,5 \cdot (U_{kC-T} + U_{kT-H} - U_{kC-H}) = 0,5 \cdot (17 + 6 - 10,5) = 6,25\%$$

$$U_{kH} = 0,5 \cdot (U_{kC-H} + U_{kT-H} - U_{kC-T}) = 0,5 \cdot (10,5 + 6 - 17) = -0,25\%$$

Điện trở cảm kháng của các cuộn dây cao, trung và hạ thế

$$Z_C = \frac{U_{k1} U_{nBA}^2}{100 \cdot S_{nBA}} = \frac{10,75 \cdot 121^2 \cdot 10^3}{100 \cdot 5600} = 281 \Omega ;$$

$$X_C = \sqrt{Z_C^2 - R_C^2} = \sqrt{281^2 - 16,225^2} = 280,59 \Omega$$

$$Z_T = \frac{U_{k2} U_{nBA}^2}{100 \cdot S_{nBA}} = \frac{6,25 \cdot 121^2 \cdot 10^3}{100 \cdot 5600} = 163,4 \Omega ;$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{163,4^2 - 16,225^2} = 162,6 \Omega$$

$$Z_H = \frac{U_{k3} U_{nBA}^2}{100 \cdot S_{nBA}} = \frac{-0,25 \cdot 121^2 \cdot 10^3}{100 \cdot 5600} = -6,54 \Omega ; \quad X_H \cong Z_H = -6,54 \Omega$$

Điện dẫn tác dụng của máy biến áp được xác định theo biểu thức

$$G_B = \frac{\Delta P_0}{U_{nBA}^2} = \frac{32}{121^2} = 2,05 \cdot 10^{-6} \text{ S};$$

Điện dẫn phản kháng xác định theo biểu thức

$$B_B = \frac{I_0 \% \cdot S_{nBA}}{100 \cdot U_{nBA}^2} = \frac{4,8.6300}{100.121^2} = 19,123.10^{-6} \text{ S}$$

Nhận xét: Các giá trị của điện trở Z và X chênh nhau không đáng kể, nên trong thực tế có thể coi $X_{BA} \cong Z_{BA}$

Bài 3.7: Hãy xác định các tham số của sơ đồ thay thế máy biến áp 3 cuộn dây 220/22/11 kV loại máy loại TMT-40000/220; Tỷ lệ công suất giữa các cuộn dây là 100:100:66,7.

Giải:

Theo bảng 15.pl[1] ta tìm được các giá trị: $S_{nBA} = 4000 \text{ kVA}$; $U_n = 230 \text{ kV}$; $\Delta P_0 = 41 \text{ kW}$; $\Delta P_k = 135 \text{ kW}$; $I_0 = 11,1\%$; $U_{kC-T} = 12,5\%$; $U_{kC-H} = 22\%$; $U_{kT-H} = 9,5\%$;

Điện trở tác dụng của máy biến áp

$$R_B = \frac{\Delta P_k U_{nBA}^2}{S_{nBA}^2} = \frac{135.230^2.10^3}{40000^2} = 7,94 \text{ } \Omega$$

Từ tỷ lệ phân bố công suất giữa các cuộn dây có thể tìm được điện trở tác dụng tương ứng của các cuộn dây là

$$R_1 = R_2 = 0,5.R = 0,5.7,94 = 3,97 \text{ } \Omega$$

$$R_3 = 0,75.R = 0,75.7,94 = 5,955 \text{ } \Omega$$

Xác định điện áp ngắn mạch của các cuộn dây

$$U_{kC} = 0,5.(U_{kC-T} + U_{kC-H} - U_{kT-H}) = 0,5.(12,5 + 22 - 9,5) = 12,5\%$$

$$U_{kT} = 0,5.(U_{kC-T} + U_{kT-H} - U_{kC-H}) = 0,5.(12,5 + 9,5 - 22) = 0\%$$

$$U_{kH} = 0,5.(U_{kC-H} + U_{kT-H} - U_{kC-T}) = 0,5.(22 + 9,5 - 12,5) = 9,5\%$$

Điện trở cảm kháng của các cuộn dây

$$X_C = \frac{U_{k1} U_{nBA}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{12,5.230^2.10^3}{100.40000} = 165,31 \text{ } \Omega$$

$$X_T = \frac{U_{k2} U_{nBA}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{9,5.230^2.10^3}{100.40000} = 125,637 \text{ } \Omega$$

$$X_H = \frac{U_{k3} U_{nBA}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{0.230^2.10^3}{100.40000} = 0 ;$$

Điện dẫn tác dụng của máy biến áp được xác định theo biểu thức

$$G_B = \frac{\Delta P_0}{U_{nBA}^2} = \frac{54}{230^2} = 1,02 \cdot 10^{-6} \text{ S}$$

Điện dẫn phản kháng xác định theo biểu thức

$$B_B = \frac{I_0 \% \cdot S_{nBA}}{100 \cdot U_{nBA}^2} = \frac{1,1 \cdot 40000}{100 \cdot 230^2} = 8,32 \cdot 10^{-6} \text{ S}$$

Bài 3.8. Hãy xác định hao tổn điện áp trên đường dây 22 kV làm bằng dây dẫn AC-70 dài 47 km, công suất truyền tải trên đường dây là $S = 340 + j 225$ kVA.

Giải: Theo bảng 17.pl [1] ứng với mã hiệu dây dẫn AC-70 ta tìm được $r_0 = 0,46$ và $x_0 = 0,395 \Omega / \text{km}$;

Xác định hao tổn điện áp theo biểu thức

$$\Delta U = \frac{P \cdot r_0 + Q \cdot x_0}{U} l = \frac{360 \cdot 0,46 + 235 \cdot 0,395}{22} \cdot 47 = 552,09 \text{ V}$$

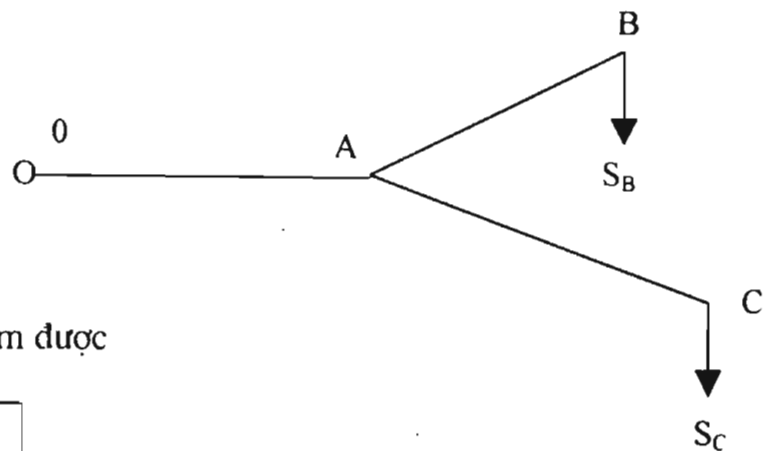
Tính theo phần trăm giá trị định mức

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U_n} 100 = \frac{552,09 \cdot 10^{-3}}{22} 100 = 2,51 \%$$

Bài 3.9. Hãy xác định hao tổn điện áp cực đại trên đường dây phân nhánh 22 kV với số liệu như sau:

Phụ tải tại điểm B là $S_B = 385 + j 326$ và tại điểm C là $S_C = 268 + j 210$

Đoạn dây	OA	AB	AC
Dây dẫn AC	70	50	35
Chiều dài, km	15	12	21



Giải: Tra bảng 19.pl. phụ lục [1] ta tìm được

Đoạn dây	OA	AB	AC
$r_0, \Omega / \text{km}$	0,46	0,65	0,85
$x_0, \Omega / \text{km}$	0,382	0,392	0,403

Hình 3.7. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.9.

Xác định dòng công suất trên các đoạn dây:

Dòng công suất trên đoạn OA

$$P_{0A} = P_B + P_C = 385 + 268 = 653 \text{ kW}; \text{ tính tương tự ta được } Q_{0A} = 536 \text{ kVAr};$$

Dòng công suất trên đoạn AB: $P_{AB} = P_B = 385 \text{ kW}$, tính toán tương tự, kết quả ghi trong bảng. Hao tổn điện áp trên đoạn OA được xác định theo các biểu thức

$$\Delta U_{0A} = \frac{Pr_0 + Qx_0}{U_1} l = \frac{6530,46 + 5360,395}{22} \cdot 12 = 279,33,7V;$$

Tính tương tự cho các đoạn khác, kết quả biểu thị trong bảng sau

	P, kW	Q, kVAr	U, kV	L, km	$r_0, \Omega/\text{km}$	$x_0, \Omega/\text{km}$	$\Delta U, V$	$\Delta U\%$
AB	385	326	22	15	0,65	0,405	260,645	1,18
AC	268	210	22	21	0,85	0,414	300,434	1,37
OA	653	536	22	12	0,46	0,395	279,327	1,27
							579,761	2,64

Tổng hao tổn điện áp $\Delta U_\Sigma = \max[\Delta U_{0A} + \Delta U_{AB}; [\Delta U_{0A} + \Delta U_{AC}]] = 279,327 + 300,434 = 579,761V$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} 100 = \frac{579,761 \cdot 10^{-3}}{22} 100 = 2,64\%$$

Bài 3.10. Hãy xác định hao tổn điện lớn nhất trong mạng điện chiếu sáng 3 pha dài 320m có phụ tải không đối xứng mắc theo hình sao, biết dòng điện chạy trên các pha là $I_A = 23A$, $I_B = 20A$ và $I_C = 17A$ dây pha được làm bằng dây A.35 và dây trung tính là A.25.

Giải :

Trước hết ta xác định điện trở của đường dây

$$R = r_{0r} \cdot l = 0,92 \cdot 0,32 = 0,29 \Omega$$

$$R_T = r_{0T} \cdot l = 1,28 \cdot 0,32 = 0,41 \Omega$$

Hao tổn điện áp trên các pha

$$\Delta U_A = I_A R + [I_A - 0,5 (I_B + I_C)] R_T = 23 \cdot 0,29 + [23 - 0,5(20 + 17)] \cdot 0,41 = 8,61 V$$

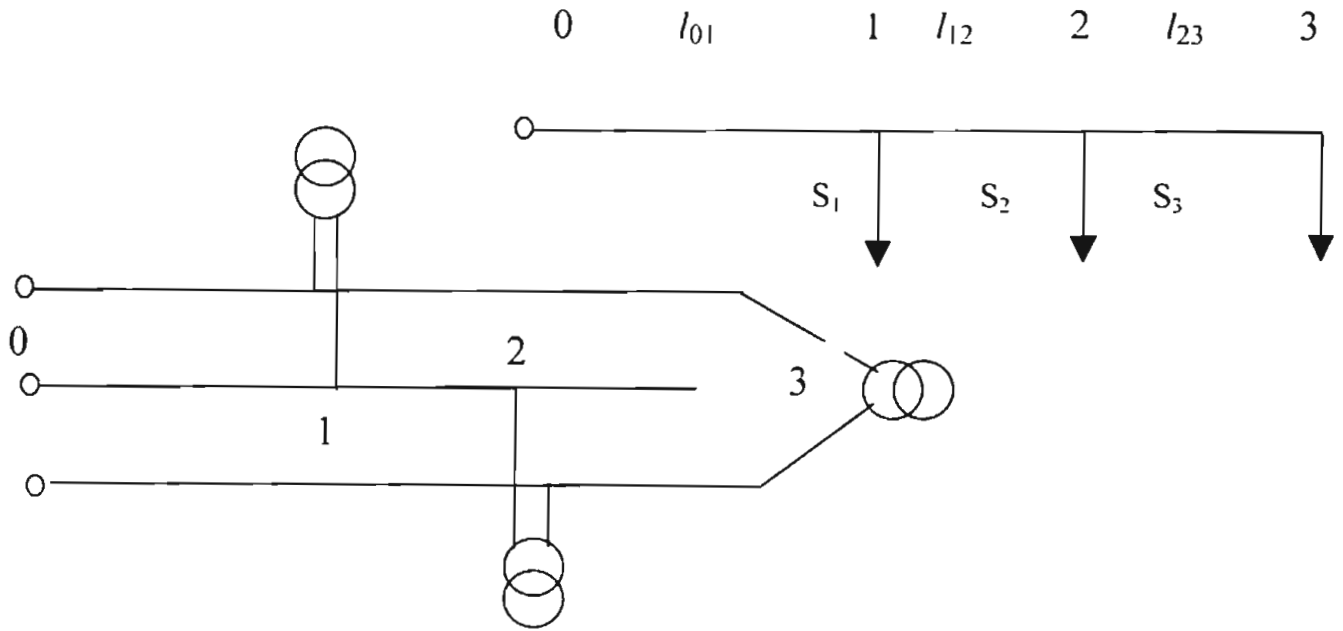
$$\Delta U_B = I_B R + [I_B - 0,5 (I_A + I_C)] R_T = 20 \cdot 0,29 + [20 - 0,5(23 + 17)] \cdot 0,41 = 5,89 V$$

$$\Delta U_C = I_C R + [I_C - 0,5 (I_B + I_A)] R_T = 17 \cdot 0,29 + [17 - 0,5(20 + 23)] \cdot 0,41 = 3,16 V$$

Như vậy hao tổn điện áp lớn nhất sẽ là $\Delta U_{\text{Max}} = \Delta U_A = 8,61$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U_{\text{Max}}}{U} 100 = \frac{8,61}{220} 100 = 3,91\%$$

Bài 3.11. Hãy xác định hao tổn điện áp lớn nhất trong mạng điện 10 kV với phụ tải không đối xứng dấu theo hình tam giác. Công suất của các điểm tải $S_1 = 68$ kVA, $S_2 = 120$ và $S_3 = 210$ kVA hệ số $\cos\varphi = 0,8$ đường dây được thực hiện với dây AC-35. Điểm tải 1 mắc giữa pha A và B, điểm tải 2 được mắc giữa pha B và C điểm tải 3 – pha C và A; Chiều dài các đoạn dây tương ứng là $l_{01} = 4,3$ km, $l_{12} = 2,5$ và $l_{23} = 2,7$ km



Hình 3.8. Sơ đồ mạng điện bài 3.11.

Giải: Theo mã hiệu dây dẫn AC-35 tra bảng để xác định $r_0 = 0,85$ và $x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$ (bảng 17.pl[1]). Điện trở của đoạn dây 01 được xác định theo biểu thức

$$R_{01} = r_0 \cdot l_{01} = 0,85 \cdot 4,3 = 3,36 \Omega ; X_{01} = x_0 \cdot l_{01} = 0,4 \cdot 4,3 = 1,72 \Omega$$

Tính toán tương tự cho các đoạn khác, kết quả ghi trong bảng

Xác định phân tác dụng và phản kháng của dòng điện các điểm tải

$$I_{r1} = \frac{S_1 \cdot \cos\varphi}{U} = \frac{68 \cdot 0,8}{10} = 5,4 \text{ A và } I_{x1} = \frac{S_1 \cdot \sin\varphi}{U} = \frac{68 \cdot 0,6}{10} = 4,08 \text{ A;}$$

Tính toán tương tự cho các điểm tải khác, kết quả ghi trong bảng

Điện trở các đoạn dây, Ω						Dòng điện của các điểm tải, A					
R_{01}	R_{12}	R_{23}	X_{01}	X_{12}	X_{23}	I_{rAB}	I_{rBC}	I_{rCA}	I_{xAB}	I_{xBC}	I_{xCA}
3,66	2,13	2,30	1,72	1,00	1,08	5,44	9,60	16,80	4,08	7,20	12,60

Thành phần tác dụng của hao tổn điện áp

$$\begin{aligned}\Delta U_{rAB} &= \sum_1 ([2i_{rAB} + 0,5 (i_{rBC} + i_{rCA})] R_i) = \\ &= (2.5,44 + 0,5(9,6 + 16,8)).3,66 + 0,5.(9,6 + 16,8).2,13 = 116,06 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta U_{xAB} &= \sum_1 ([2i_{xAB} + 0,5 (i_{xBC} + i_{xCA})] X_i) \\ &= (2.4,08 + 0,5(7,2 + 12,6)).1,72 + 0,5(7,2 + 12,6).1 = 40,9 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\Delta U_{AB} = \sqrt{\Delta U_{rAB}^2 + \Delta U_{xAB}^2} = \sqrt{116,06^2 + 40,9^2} = 123,8 \text{ V}$$

$$\begin{aligned}\Delta U_{rBC} &= \sum_1 ([2i_{rBC} + 0,5 (i_{rAB} + i_{rCA})] R) + j \sum_1 ([2i_{xBC} + 0,5 (i_{xAB} + i_{xCA})] X) \\ &= (2.9,6 + 0,5(5,44 + 16,8)).3,66 + (2.9,6 + 0,5.16,8).2,13 = 231,89 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta U_{xBC} &= \sum_1 ([2i_{xBC} + 0,5 (i_{xAB} + i_{xCA})] X) = \\ &= (2.7,2 + 0,5(12,6 + 4,08)).1,72 + (2.7,2 + 0,5.12,6).1 + 2.7,2.1,08 = \\ &= 81,84 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\Delta U_{BC} = \sqrt{\Delta U_{rBC}^2 + \Delta U_{xBC}^2} = \sqrt{231,89^2 + 81,84^2} = 245,91 \text{ V}$$

$$\begin{aligned}\Delta U_{rCA} &= \sum_1 ([2i_{rCA} + 0,5 (i_{rAB} + i_{rBC})] R) \\ &= (2.16,8 + 0,5(9,6 + 5,44)).3,66 + (2.16,8 + 0,5.9,6).2,13 + 2.16,8.2,3 = \\ &= 246,58\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta U_{xCA} &= \sum_1 ([2i_{xCA} + 0,5 (i_{xAB} + i_{xBC})] X) \\ &= (2.12,6 + 0,5(7,2 + 4,08)).1,72 + (2.12,6 + 0,5.7,2).1 + 2.12,6.1,08 = 87,03\end{aligned}$$

$$\Delta U_{CA} = \sqrt{\Delta U_{rCA}^2 + \Delta U_{xCA}^2} = \sqrt{246,58^2 + 87,03^2} = 261,49 \text{ V}$$

Hao tổn điện áp lớn nhất

$$\Delta U_{CA} = \Delta U_{CA} \% = \frac{\Delta U_{CA} \cdot 100}{U} = \frac{261,49 \cdot 100}{10.000} = 2,61 \%$$

Bài 3.12. Hãy xác định hao tổn điện áp trong máy biến áp TM-630/22, biết công suất truyền tải trên đường dây là $S = 460 + j 375 \text{ kVA}$.

Giải:

Theo bảng 12.pl [1], ứng với máy biến áp TM-630/22 ta tìm được $\Delta P_K = 8,2 \text{ kW}$; $U_K = 4,0 \%$.

Điện trở của máy biến áp

$$R_B = \frac{\Delta P_k U_{nBA}^2}{S_{nBA}^2} = \frac{8,222^2 \cdot 10^3}{630^2} = 10 \Omega$$

$$Z_B = \frac{U_k U_{nBA}^2}{100 \cdot S_{nBA}} = \frac{4,22^2 \cdot 10^3}{100 \cdot 630} = 30,73 \Omega$$

$$X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = \sqrt{30,73^2 - 10^2} = 29 \Omega$$

Xác định hao tổn điện áp theo biểu thức

$$\Delta U = \frac{P \cdot R_B + Q \cdot X_B}{U} = \frac{460 \cdot 10 + 375 \cdot 29}{22} = 704,38V$$

Tính theo phần trăm giá trị định mức

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} 100 = \frac{552,09 \cdot 10^{-3}}{22} 100 = 3,96\%$$

Bài 3.13: Hãy xác định hao tổn công suất và điện năng trên đường dây 10 kV làm bằng dây dẫn AC-70 dài 9,5 km, cung cấp cho một nhà máy có phụ tải tính toán là $S = 550$ kVA, (hình 3.9), hệ số công suất $\cos \varphi = 0,8$. Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 5200$ h

Giải: Với dây AC-70 tra bảng 19.pl.[1] ta tìm được

$$r_0 = 0,46 \text{ và } x_0 = 0,395 \Omega/\text{km}$$

Hao tổn công suất tác dụng được xác định

$$\Delta P = \frac{S^2}{U^2} r_0 l = \frac{550^2}{10^2} 0,46 \cdot 9,5 \cdot 10^{-3} = 13,22 \text{ kW}$$

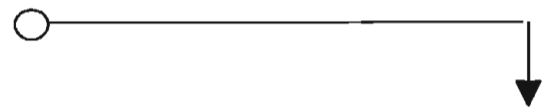
$$\Delta Q = \frac{S^2}{U^2} x_0 l = \frac{550^2}{10^2} 0,395 \cdot 9,5 \cdot 10^{-3} = 11,35 \text{ kVAr}$$

Vậy $\Delta S = 13,22 + j 11,35$ kVA

Thời gian hao tổn cực đại

$$\tau = (0,124 + T_{\max} \cdot 10^{-4})^2 8760 = (0,124 + 5200 \cdot 10^{-4})^2 8760 = 3633 \text{ h}$$

$$\Delta A = \Delta P \cdot \tau = 13,22 \cdot 3633 = 48026,7 \text{ kWh.}$$



Hình 3.9. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.13.

Bài 3.14. Hãy xác định hao tổn công suất và điện năng trên đường dây 110 kV làm bằng dây dẫn ACO-120 dài 85 km, cung cấp cho phụ tải tính toán là $S = 15$ MVA, hệ số công suất $\cos \varphi = 0,85$, Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 5200$ h.

Giải: Từ mã hiệu dây dẫn ACO-120 ta tìm được $r_0 = 0,27$; $x_0 = 0,417 \Omega/\text{km}$ và $b_0 = 2,73 \cdot 10^{-6} \text{ sim}/\text{km}$

$$P = S \cdot \cos\varphi = 15000 \cdot 0,85 = 12750 \text{ kW}; \quad Q = S \cdot \sin\varphi = 7901 \text{ kVAr}$$

Đối với mạng điện cung cấp từ 110 kV trở lên, điện dung giữa các pha và đất có giá trị rất đáng kể nên khi tính toán cần xét đến thành phần công suất phản kháng do đường dây sinh ra. Công suất phản kháng do điện dung của đường dây sinh ra được xác định theo biểu thức

$$Q_C = U^2 \cdot b_0 \cdot l = 110^2 \cdot 2,73 \cdot 10^{-6} \cdot 85 = 2,82 \text{ MVAr} = 2820 \text{ kVAr}$$

Giá trị công suất này ở cuối đường dây bằng nửa giá trị của Q_C , tức là $Q_{C2} = 2820/2 = 1410 \text{ kVAr}$.

Công suất phản kháng truyền tải trên đường dây có xét đến công suất do điện dung sinh ra sẽ là

$$Q_2 = Q - Q_{C2} = 7901 - 1410 = 6492 \text{ kVAr}$$

Hao tổn công suất tác dụng được xác định

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} r_0 l = \frac{12750^2 + 6492^2}{110^2} \cdot 0,27 \cdot 85 \cdot 10^{-3} = 388,29 \text{ kW}$$

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} r_0 l = \frac{12750^2 + 6492^2}{110^2} \cdot 0,415 \cdot 85 \cdot 10^{-3} = 655,94 \text{ kVAr}$$

Vậy $\Delta S = 388,29 + j 655,94 \text{ kVA}$

Thời gian hao tổn cực đại

$$\tau = (0,124 + T_{\max} \cdot 10^{-4})^2 8760 = (0,124 + 5200 \cdot 10^{-4})^2 8760 = 3633 \text{ h}$$

$$\Delta A = \Delta P \cdot \tau = 388,29 \cdot 3633 = 23590 \text{ MWh.}$$

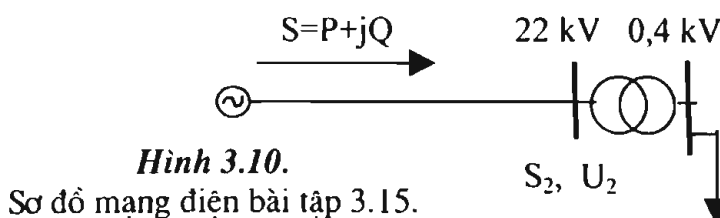
Bài 3.15. Hãy xác định hao tổn điện áp trong mạng điện gồm đường dây làm bằng dây dẫn AC70 dài 14 km và máy biến áp TM-630/22 công suất truyền tải trên đường dây là $S = 460 + j 375 \text{ kVA}$.

Giải: Theo bảng 17.pl [1] ứng với mã hiệu dây dẫn AC70 ta tìm được $r_0 = 0,46$ và $x_0 = 0,395 \Omega /\text{km}$ và theo bảng 12.pl [1], ứng với máy biến áp TM-630/22 – $\Delta P_K = 8,2 \text{ kW}$; $U_K = 4,0\%$

Điện trở của đường dây

$$R_d = r_0 \cdot l = 0,46 \cdot 14 = 6,44 \Omega$$

$$-X_d = x_0 \cdot l = 0,395 \cdot 14 = 5,53 \Omega$$



Hình 3.10.

Sơ đồ mạng điện bài tập 3.15.

Xác định hao tổn điện áp trên đường dây

$$\Delta U = \frac{P.R_d + Q.X_d}{U} = \frac{460.6,44 + 375.5,53}{22} = 228,92 \text{ V} = 0,23 \text{ kV}$$

Hao tổn công suất trên đường dây

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R_d = \frac{460^2 + 375^2}{22^2} .6,44.10^{-3} = 4,69 \text{ kW}$$

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X_d = \frac{460^2 + 375^2}{22^2} .5,53.10^{-3} = 4,02 \text{ kVAr}$$

Giá trị công suất tại cuối đường dây

$$P_2 = P - \Delta P = 460 - 4,69 = 455,31 \text{ kW}$$

$$Q_2 = Q - \Delta Q = 375 - 4,02 = 370,98 \text{ kVAr}$$

Giá trị điện áp cuối đường dây :

$$U_2 = U - \Delta U_d = 22 - 0,23 = 21,77 \text{ kV}$$

Điện trở của máy biến áp

$$R_B = \frac{\Delta P_k U_{nBA}^2}{S_{nBA}^2} = \frac{8,2.22^2.10^3}{630^2} = 10 \Omega$$

$$Z_B = \frac{U_k U_{nBA}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{4.22^2.10^3}{100.630} = 30,73 \Omega$$

$$X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = \sqrt{30,73^2 - 10^2} = 29 \Omega$$

Xác định hao tổn điện áp theo biểu thức

$$\Delta U = \frac{P_2.R_B + Q_2.X_B}{U_2} = \frac{455,31.10 + 370,98.29}{21,77} = 689,69 \text{ V}$$

Tổng hao tổn điện áp

$$\Delta U_\Sigma = \Delta U_d + \Delta U_B = 228,92 + 689,69 = 918,61 \text{ V}$$

Tính theo phần trăm giá trị định mức

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} 100 = \frac{918,61.10^{-3}}{22} 100 = 4,18\%$$

Ví dụ 3.16. Hãy chọn tiết diện dây dẫn cho đường dây hạ áp 0,38 kV dài 0,46 km, biết hao tổn điện áp cho phép là $\Delta U_{cp} = 5,5\%$; công suất truyền tải $S = 34 \text{ kVA}$, hệ số $\cos\varphi = 0,8$;

dự kiến dùng dây nhôm ($\gamma = 32 \text{ m}/\Omega.\text{mm}^2$).

Giải: Theo bài ra ta có:

$$P = S.\cos\varphi = 33.0,8 = 27,2 \text{ kW và } Q = S.\sin\varphi = 20,4 \text{ kVAr}$$

$$\text{Hao tổn điện áp cho phép } \Delta U_{\text{cp}} = \frac{U.\Delta U_{\text{cp}}\%}{100} = \frac{380.5,5}{100} = 20,9 \text{ V}$$

Trước hết cho giá trị $x_0 = 0,38 \text{ }\Omega/\text{km}$ và xác định thành phần phản kháng của hao tổn điện áp

$$\Delta U_X = \frac{Q.x_0/l}{U} = \frac{20,4.0,38.0,46}{0,38} = 9,38 \text{ V}$$

$$\text{Thành phần tác dụng: } \Delta U_R = \Delta U_{\text{cp}} - \Delta U_X = 20,9 - 9,38 = 11,52 \text{ V}$$

Tiết diện dây dẫn

$$F = \frac{P.L}{\gamma U_n \Delta U_R} = \frac{27,2.460}{32.0,38.11,52} = 89,55 \text{ mm}^2$$

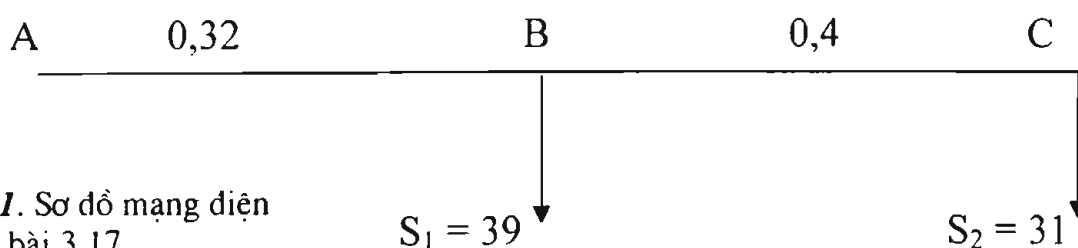
Chọn dây A95 có $r_0 = 0,34$ và $x_0 = 0,303 \text{ }\Omega/\text{km}$ (bảng 19.pl.)

Hao tổn thực tế

$$\Delta U = \frac{27,2.0,34 + 20,4.0,303}{0,38} 0,46 = 18,68 \text{ V} < \Delta U_{\text{cp}} = 20,9 \text{ V}$$

Vậy dây dẫn đã chọn là đảm bảo.

Bài 3.17. Một đường dây 0,38 kV, công suất của phụ tải (kVA) và chiều dài các đoạn dây (km) được cho trên hình 3.11; hệ số công suất $\cos\varphi = 0,83$. Hãy chọn tiết diện dây dẫn theo 4 phương pháp thông dụng, cho nhận xét! Biết hao tổn điện áp cho phép là $\Delta U_{\text{cp}} = 11 \%$.



Hình 3.11. Sơ đồ mạng điện bài 3.17.

Giải:

a. *Cách 1:* Chọn tiết diện dây dẫn theo hao tổn điện áp cho phép với tiết diện dây dẫn không đổi theo chiều dài.

Trước hết ta xác định các thành phần của công suất

$$P_1 = S_1 \cos \varphi = 39.0,83 = 32,37 \text{ kW}$$

và

$$Q_1 = S_1 \sin \varphi = 21,75 \text{ kVAr}$$

Tương tự $P_2 = 26,15 \text{ kW}$ và $Q_2 = 17,57 \text{ kVAr}$;

Dòng công suất trên các đoạn dây:

$$S_{AB} = S_1 + S_2 = (32,37 + 26,15) + j(21,75 + 17,57) = 58,52 + j 39,32 \text{ kVA}$$

$$S_{BC} = S_2 = 26,15 + j 17,57 \text{ kVA}$$

Giá trị điện áp cho phép

$$\Delta U_{cp} = \frac{U \cdot \Delta U_{cp} \%}{100} = \frac{380 \cdot 11}{100} = 41,8 \text{ V}$$

Cho trước giá trị $x_0 = 0,38 \text{ } \Omega/\text{km}$ và xác định thành phần phản kháng của hao tổn điện áp

$$\Delta U_X = \sum_{i=1}^2 \frac{Q_i \cdot l_i \cdot x_0}{U} = \frac{39,32 \cdot 0,32 + 17,57 \cdot 0,4}{0,38} \cdot 0,38 = 19,61 \text{ V}$$

Thành phần hao tổn tác dụng

$$\Delta U_R = \Delta U_{cp} - \Delta U_X = 41,8 - 19,61 = 22,19 \text{ V}$$

Tiết diện dây dẫn trên toàn bộ đường dây

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n P_i l_i \cdot 10^3}{\gamma U_n \Delta U_R} = \frac{(58,52 \cdot 0,32 + 26,15 \cdot 0,4) 10^3}{32 \cdot 0,38 \cdot 22,19} = 108,17 \text{ mm}^2$$

Chọn dây A-120 có $r_0 = 0,27$ và $x_0 = 0,30 \text{ } \Omega/\text{km}$ (bảng 17.pl.) [1]

Kiểm tra hao tổn thực tế

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{r_0 \sum_{i=1}^n P_i l_i + x_0 \sum_{i=1}^n Q_i l_i}{U_n} = \\ &= \frac{0,27 \cdot (58,52 \cdot 0,32 + 26,15 \cdot 0,4) + 0,30 \cdot (39,32 \cdot 0,32 + 17,57 \cdot 0,40)}{0,38} = 30,4 < \Delta U_{cp} = \\ &= 41,8 \text{ V} \end{aligned}$$

Vậy dây dẫn đã chọn đáp ứng yêu cầu

b. Cách 2: Chọn tiết diện dây dẫn theo chi phí kim loại màu cực tiểu

Các bước đầu cũng tiến hành tương tự như phần a, xác định được ΔU_R , sau đó xác định tiết diện dây dẫn của đoạn BC theo biểu thức

$$F_{BC} = \frac{\sqrt{P_{BC}}}{\gamma U \Delta U_R} \sum_1^2 l_i \sqrt{P_i} = \frac{\sqrt{26,15 \cdot 10^3}}{32 \cdot 0,38 \cdot 22,19} (0,32 \cdot \sqrt{58,52} + 0,40 \sqrt{26,15}) = 85,16 \text{ mm}^2$$

Ta chọn dây A95 có $r_0 = 0,33$ và $x_0 = 0,30 \text{ } \Omega/\text{km}$, (bảng 17.pl.) [1]

Tiết diện dây dẫn đoạn AB:

$$F_{AB} = F_{BC} \sqrt{\frac{P_{AB}}{P_{BC}}} = 85,16 \sqrt{\frac{58,52}{26,15}} = 127,39 \text{ mm}^2$$

Chọn dây A120 có $r_0 = 0,0,27$ và $x_0 = 0,30 \text{ } \Omega/\text{km}$

Kiểm tra hao tổn thực tế

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{(P_I r_{01} + Q_I x_{01}) l_1 + (P_{II} r_{02} + Q_{II} x_{02}) l_2}{U_n} = \\ &= \frac{(58,52 \cdot 0,27 + 39,32 \cdot 0,30) \cdot 0,32 + (26,15 \cdot 0,33 + 17,57 \cdot 0,30) \cdot 0,40}{0,38} = 37,87 < U_{ct} = \\ &= 41,8 \text{ V.} \end{aligned}$$

Vậy tiết diện đảm bảo theo yêu cầu đặt ra.

c. Cách 3: Chọn F theo phương pháp đường dây phân nhánh: Các bước đầu cũng tiến hành tương tự như phần a, xác định được ΔU_R , sau đó xác định thành phần tác dụng của hao tổn điện áp trên đoạn dây thứ nhất:

$$\Delta U_{R,AB} = \frac{\Delta U_R}{1 + \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^n M_i L_i}{M_0 L_0}}} = \frac{22,19}{1 + \sqrt{\frac{26,15 \cdot 0,4}{58,52 \cdot 0,32}}} = 13,69 \text{ V}$$

Tiết diện dẫn trên đoạn AB:

$$F_{AB} = \frac{P_{AB} l_{AB}}{\gamma U_n \Delta U_{R,AB}} = \frac{58,52 \cdot 0,32 \cdot 10^3}{32 \cdot 0,38 \cdot 13,69} = 110,9 \text{ mm}^2,$$

ta chọn dây A-120 và xác định thành phần tác dụng của hao tổn điện áp thực tế trên đoạn AB

$$\Delta U_{ABr} = \frac{P_I r_0 l_{AB}}{U_n} = \frac{58,52 \cdot 0,27 \cdot 0,32}{0,38} = 13,31 \text{ V}$$

Thành phần tác dụng của hao tổn điện áp cho phép trên đoạn dây còn lại sẽ là:

$$\Delta U_{BCr} = \Delta U_R - \Delta U_{ABr} = 22,19 - 13,31 = 8,88 \text{ V.}$$

Tiết diện dây dẫn trên đoạn BC được xác định

$$F_{BC} = \frac{P_{BC} I_{BC}}{\gamma U_n \Delta U_{R BC}} = \frac{26,57 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{32 \cdot 0,38 \cdot 8,88} = 96,83 \text{ mm}^2, \text{ ta chọn dây A95.}$$

Kiểm tra hao tổn điện áp thực tế tương tự như phương pháp trên.

d. Cách 4: Chọn F theo mật độ dòng điện không đổi

Trước hết ta xác định dòng điện của các điểm tải và dòng điện chạy trên các đoạn dây

$$I_{AB} = \frac{S_1}{\sqrt{3}U} = \frac{P_{AB}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{58,52}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,83} = 107,12 \text{ A}$$

tương tự
$$I_{BC} = \frac{26,15}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,83} = 47,87 \text{ A}$$

Mật độ dòng điện được xác định theo biểu thức

$$J = \frac{\gamma \Delta U_R}{\sqrt{3} \sum_1^n I_i \cos \varphi_i} = \frac{32 \cdot 22,19}{\sqrt{3} (0,32 \cdot 0,83 + 0,4 \cdot 0,83) \cdot 10^3} = 0,69 \text{ A/mm}^2$$

Tiết diện dây dẫn

$$F_{AB} = \frac{I_{AB}}{j} = \frac{107,12}{0,69} = 156,15 \text{ mm}^2, \text{ chọn dây A-150}$$

$$F_{BC} = \frac{I_{BC}}{j} = \frac{47,87}{0,69} = 69,78 \text{ mm}^2, \text{ chọn dây A-70}$$

Hao tổn thực tế được kiểm tra tương tự như các phương pháp trên

$$\Delta U = \frac{(58,52 \cdot 0,21 + 39,32 \cdot 0,30) \cdot 0,32 + (26,15 \cdot 0,46 + 17,57 \cdot 0,31) \cdot 0,40}{0,38} = 27,56 \text{ V} < \Delta U_{ct}$$

Vậy dây dẫn được chọn đảm bảo yêu cầu về chất lượng điện áp.

Kết quả tính toán được tổng hợp trong bảng sau

Phương pháp	Đoạn AB	Đoạn AB	ΔU_i V
1	A-120	A-120	30,4
2	A-120	A-95	37,87
3	A-120	A-95	37,87
4	A-150	A-70	27,56

Nhận xét:

Bốn phương pháp cho ba phương án xây dựng khác nhau: hai phương pháp giữa có cùng đáp số và hao tổn điện áp thực tế gần với hao tổn cho phép hơn, nên có thể thấy phương án xây dựng đường dây với 2 đoạn khác nhau: đoạn đầu dùng dây A-120 và đoạn sau dùng dây A-95 là hợp lý, tuy nhiên, để có kết luận chính xác cần phải giải bài toán kinh tế – kỹ thuật. Trong thực tế tiết diện dây dẫn không đổi theo chiều dài đường dây chỉ áp dụng khi khoảng cách của một trong các đoạn dây không lớn. Về khối lượng tính toán, nhìn chung các phương pháp đều tương đương nhau.

Bài 3.18. Chọn tiết diện dây dẫn cho đường dây 2 mạch điện áp 110 kV theo phương pháp mật độ dòng điện kinh tế, biết công suất truyền tải là $S = 90$ MVA, hệ số $\cos\varphi = 0,88$, thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4590$ h.

Giải: Đối với mạng điện cao và siêu cao áp, tiết diện dây dẫn thường được chọn theo phương pháp mật độ dòng điện kinh tế. Trước hết ta cần xác định giá trị dòng điện chạy trong mạch

$$I = \frac{S}{m \cdot \sqrt{3} \cdot U} = \frac{90 \cdot 10^3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 236,19 \text{ A}$$

Theo bảng 7.3.1. ứng với $T_M = 4590$ h dùng cho dây AC ta tìm được mật độ dòng điện kinh tế $j_{kt} = 1,1$ A/mm² vậy tiết diện dây dẫn sẽ là

$$F = \frac{I}{j_{kt}} = \frac{236,19}{1,1} = 214,72 \text{ mm}^2$$

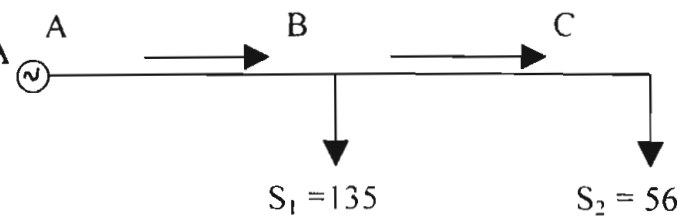
Theo bảng 17.pl [1] ta chọn dây dẫn ACO-300 có tiết diện chuẩn là 300 mm².

Bài 3.19. Chọn tiết diện dây dẫn cho đường dây 2 mạch điện áp 220 kV theo phương pháp mật độ dòng điện kinh tế, biết công suất truyền tải cho trên sơ đồ (MVA), hệ số $\cos\varphi = 0,86$ thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4500$ h.

Giải: Trước hết cần xác định dòng điện chạy trên các đoạn dây

$$I_{AB} = \frac{(S_1 + S_2)}{m \cdot \sqrt{3} \cdot U} = \frac{(135 + 56) \cdot 10^3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 220} = 250,62 \text{ A}$$

$$I_{BC} = \frac{S_2}{m \cdot \sqrt{3} \cdot U} = \frac{56 \cdot 10^3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 220} = 73,48 \text{ A}$$



Chọn $j_{kt} = 1,1$ A/mm² (bảng 7.3.1) [1]

Hình 3.12. Sơ đồ mạng điện bài 3.19.

Xác định tiết diện dây dẫn trên các đoạn:

$$F_{AB} = \frac{I_{AB}}{j_{kt}} = \frac{250,62}{1,1} = 227,84 \text{ mm}^2;$$

ta chọn dây ACO-300;

$$F_{AB} = \frac{I_{BC}}{j_{kt}} = \frac{73,48}{1,1} = 66,80 \text{ mm}^2; \text{ ta chọn dây AC-70.}$$

Bài 3.20. Chọn tiết diện dây dẫn theo phương pháp mật độ dòng điện không đổi cho đường dây 22 kV, cung cấp cho các điểm tải có công suất tiêu thụ $S_1 = 780$ kVA và $S_2 = 560$ kVA, hệ số công suất $\cos\varphi = 0,86$ hao tổn điện áp cho phép $\Delta U_{ct} = 4,2\%$, chiều dài của các đoạn dây $l_1 = 14$ km và $l_2 = 7,6$ km, dự định dùng dây nhôm lõi thép.

Giải:

Trước hết ta xác định các thành phần của công suất

$$P_1 = S_1 \cos\varphi = 780 \cdot 0,86 = 670,8 \text{ kW}$$

$$\text{và } Q_1 = S_1 \sin\varphi = 398 \text{ kVAr};$$

$$\text{Tương tự } P_2 = 481,6 \text{ kW và } Q_2 = 285,77 \text{ kVAr};$$

Dòng công suất trên các đoạn dây:

$$S_{AB} = S_1 + S_2 = (670,8 + 481,6) + j(398 + 285,77) = 1152,4 + j638,77 \text{ kVA}$$

$$S_{BC} = S_2 = 481,6 + j285,77 \text{ kVA};$$

Giá trị điện áp cho phép

$$\Delta U_{cp} = \frac{U \cdot \Delta U_{cp} \%}{100} = \frac{22 \cdot 10^3 \cdot 4,2}{100} = 924 \text{ V}$$

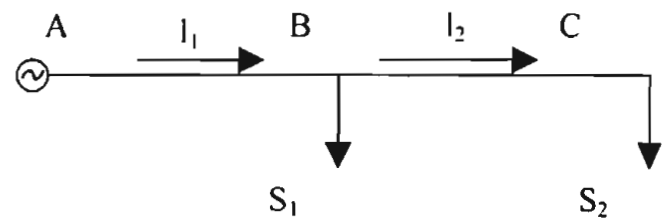
Cho trước giá trị $x_0 = 0,38 \Omega/\text{km}$ và xác định thành phần phản kháng của hao tổn điện áp

$$\Delta U_X = \sum_{i=1}^2 \frac{Q_i \cdot x_0 \cdot l_i}{U} = \frac{683,77 \cdot 14 + 285,77 \cdot 7,6}{22} \cdot 0,38 = 202,86 \text{ V}$$

Thành phần hao tổn tác dụng

$$\Delta U_R = \Delta U_{cp} - \Delta U_X = 924 - 202,86 = 721,14 \text{ V}$$

Mật độ dòng điện được xác định theo biểu thức



Hình 3.13. Sơ đồ mang điện bài 3.20.

$$J = \frac{\gamma \Delta U_R}{\sqrt{3} \sum_1^n I_i \cos \varphi_i} = \frac{32.721,14}{\sqrt{3}(14.0,86 + 7,6.0,86).10^3} = 0,72 \text{ A/mm}^2$$

Xác định dòng điện chạy trên các đoạn dây

$$I_{AB} = \frac{(S_1 + S_2)}{\sqrt{3}.U} = \frac{(780 + 560)}{\sqrt{3}.22} = 35,17 \text{ A}$$

$$I_{BC} = \frac{S_2}{\sqrt{3}.U} = \frac{560}{\sqrt{3}.22} = 14,7 \text{ A}$$

Tiết diện dây dẫn

$$F_{AB} = \frac{I_{AB}}{j} = \frac{35,171}{0,72} = 49 \text{ mm}^2, \text{ chọn dây AC50 có } r_{01} = 0,65 \text{ và } x_{01} = 0,405$$

Ω/km

$$F_{BC} = \frac{I_{BC}}{j} = \frac{14,7}{0,72} = 20,9 \text{ mm}^2, \text{ do mạng điện cao áp chỉ sử dụng dây dẫn có tiết diện}$$

từ 35 mm² trở lên nên ta chọn dây AC-35 có $r_{02} = 0,85$ và $x_{02} = 0,414 \Omega/\text{km}$

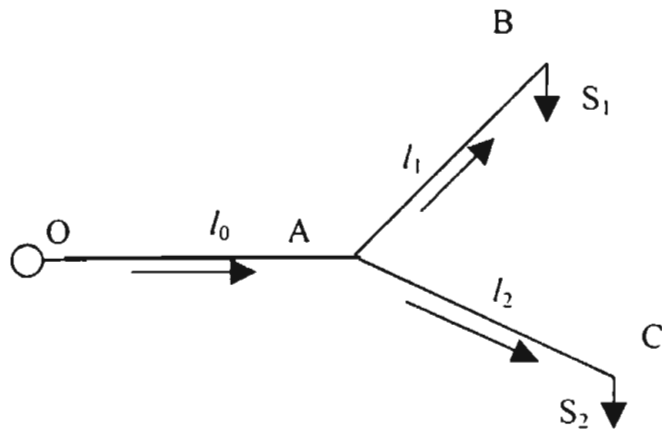
Hao tổn thực tế được kiểm tra theo biểu thức

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{(P_{AB} r_{01} + Q_{AB} x_{01}) l_1 + (P_{BC} r_{02} + Q_{BC} x_{02}) l_2}{U_n} = \\ &= \frac{(11524.0,65 + 63877.0,405).14 + (4816.0,85 + 28577.0,414).7,6}{22} = 835,19 \text{ V} < \Delta U_{\text{ct}} = \\ &= 924 \text{ V} \end{aligned}$$

Vậy dây dẫn được chọn đảm bảo yêu cầu về chất lượng điện áp.

Bài 3.21. Chọn tiết diện dây dẫn

theo phương pháp kim loại màu cực tiểu cho đường dây 35 kV, cung cấp cho các điểm tải có công suất tiêu thụ $S_1 = 1750$ kVA và $S_2 = 1340$ kVA, hệ số công suất $\cos \varphi = 0,85$ hao tổn điện áp cho phép $\Delta U_{\text{ct}} = 4\%$, chiều dài của các đoạn dây $l_0 = 20$; $l_1 = 24$ km và $l_2 = 16$ km, dự định dùng dây nhôm lõi thép.



Hình 3.14. Sơ đồ mạng điện bài 3.21.

Giải: Trước hết ta xác định các

thành phần của công suất

$$P_1 = S_1 \cos \varphi = 1750 \cdot 0,85 = 1487,5 \text{ kW}$$

và

$$Q_1 = S_1 \sin \varphi = 921,87 \text{ kVAr};$$

Tương tự $P_2 = 1139 \text{ kW}$ và $Q_2 = 706 \text{ kVAr};$

Dòng công suất trên các đoạn dây:

$$\begin{aligned} S_{OA} = S_0 = S_1 + S_2 &= (1487,5 + 1139) + j(921,87 + 706) \\ &= 2626,5 + j 1627,87 \text{ kVA} \end{aligned}$$

$$S_{AB} = S_1 = 1487,5 + j 921,87 \text{ kVA};$$

$$S_{AC} = S_2 = 1139 + j 706 \text{ kVA};$$

Giá trị điện áp cho phép

$$\Delta U_{cp} = \frac{U \cdot \Delta U_{cp} \%}{100} = \frac{35 \cdot 10^3 \cdot 4}{100} = 1400 \text{ V}$$

Cho trước giá trị $x_0 = 0,38 \text{ } \Omega/\text{km}$ và xác định giá trị cực đại của thành phần phản kháng của hao tổn điện áp $\Delta U_X = \max[(\Delta U_{XOA} + \Delta U_{XAB}); (\Delta U_{XOA} + \Delta U_{XAC})]$

Có thể nhận thấy ngay là hao tổn trên đoạn AB lớn hơn so với đoạn AC, vì vậy giá trị ΔU_X được xác định theo biểu thức

$$\begin{aligned} \Delta U_X &= \sum_{i=1}^2 \frac{Q_i \cdot x_0 l_i}{U} = \\ &= \frac{(Q_{OA} \cdot l_0 + Q_{AB} \cdot l_1) \cdot 0,38}{U} = \frac{(1627,87 \cdot 20 + 921,87 \cdot 24) \cdot 0,38}{35} = 610,83 \text{ V} \end{aligned}$$

Thành phần hao tổn tác dụng

$$\Delta U_K = \Delta U_{cp} - \Delta U_X = 1400 - 610,83 = 789,17 \text{ V}$$

Xác định thành phần tác dụng của hao tổn điện áp cho phép trên đoạn OA

$$\begin{aligned} \Delta U_{R.OA} &= \frac{\Delta U_R}{1 + \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^n M_i L_i}{M_0 L_0}}} = \frac{\Delta U_R}{1 + \sqrt{\frac{(P_1 \cdot l_1^2 + P_2 \cdot l_2^2)}{P_{0A} l_0^2}}} = \frac{789,1}{1 + \sqrt{\frac{(1487,5 \cdot 24^2 + 1139 \cdot 16^2)}{2626,5 \cdot 20^2}}} = \\ &= 385,83 \text{ V} \end{aligned}$$

Tiết diện dây dẫn trên đoạn OA:

$$F_{0A} = \frac{P_{0A} \cdot l_0}{\gamma \cdot U_n \Delta U_{R0A}} = \frac{2626,5 \cdot 20 \cdot 10^3}{32 \cdot 35 \cdot 385,83} = 125,1 \text{ mm}^2,$$

ta chọn dây A-150 có $r_0 = 0,21$ và $x_0 = 0,392 \text{ } \Omega/\text{km}$

Xác định thành phần tác dụng của hao tổn điện áp thực tế trên đoạn OA

$$\Delta U_{0Ar} = \frac{P_{0A} r_0 l_0}{U_n} = \frac{2626,5 \cdot 0,21 \cdot 20}{35} = 324,36 \text{ V}$$

Thành phần tác dụng của hao tổn điện áp cho phép trên đoạn dây còn lại sẽ là:
 $\Delta U_{R,AB} = \Delta U_{R,AC} = \Delta U_R - \Delta U_{0Ar} = 789,17 - 324,36 = 464,81 \text{ V};$

Tiết diện dây dẫn trên đoạn AB được xác định

$$F_{AB} = \frac{P_1 \cdot l_1}{\gamma \cdot U_n \Delta U_{RAB}} = \frac{1487,5 \cdot 24 \cdot 10^3}{32 \cdot 35 \cdot 464,81} = 70,54 \text{ mm}^2, \text{ ta chọn dây AC-95 có } r_0 = 0,33$$

và $x_0 = 0,4 \text{ } \Omega/\text{km}$

Tiết diện dây dẫn trên đoạn AC được xác định

$$F_{AC} = \frac{P_2 \cdot l_2}{\gamma \cdot U_n \Delta U_{R,AC}} = \frac{1139 \cdot 16 \cdot 10^3}{32 \cdot 35 \cdot 464,81} = 36,05 \text{ mm}^2, \text{ ta chọn dây AC-35 có } r_0 = 0,85 \text{ và}$$

$x_0 = 0,429 \text{ } \Omega/\text{km}$

Kiểm tra hao tổn thực tế

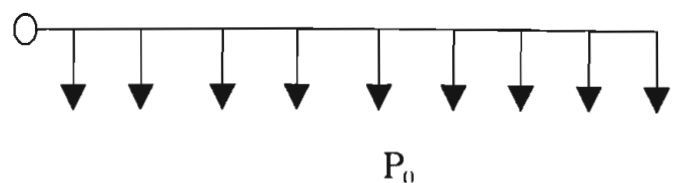
$$\Delta U = \frac{\sum_1^n P_i l_i r_{0i} + \sum_1^n Q_i l_i x_{0i}}{U_n} =$$

$$= \frac{2626,5 \cdot 20 \cdot 0,21 + 1487,5 \cdot 24 \cdot 0,33 + 1627,83 \cdot 20 \cdot 0,392 + 921,87 \cdot 24 \cdot 0,40}{35} =$$

$$= 1367,55 < \Delta U_{cp} = 1400 \text{ V}$$

Nếu ta chọn tiết diện dây dẫn ở đoạn AB là AC-70 thì tổng hao tổn điện áp sẽ là 1510V, tức lớn hơn một chút so với giá trị hao tổn điện áp cho phép (1400 V)

Bài 3.22. Chọn tiết diện dây dẫn cho mạng điện chiếu sáng 380/220V dài $l = 300 \text{ m}$ (hình 3.15) có suất phụ tải trên một đơn vị chiều dài là $p_0 = 0,15 \text{ kW/m}$, hao tổn điện áp cho phép là $\Delta U_{cp} = 2,5 \%$, dự định chọn dây đồng.



Hình 3.15. Sơ đồ mạng điện bài 3.22.

Giải:

Khi phụ tải chiếu sáng phân bố đều có thể coi là mạng điện tương đương có phụ tải tập trung tại điểm giữa. Momen tải sẽ là

$$M = \frac{p_0 \cdot l^2}{2} = \frac{0,15 \cdot 300^2}{2} = 6750 \text{ kW.m.}$$

Chọn dây đồng có $C = 83$ (bảng 4.pl.BT) vậy tiết diện dây dẫn tính toán là

$$F = \frac{M}{C \Delta U_{cp} \%} = \frac{6750}{83 \cdot 2,5} = 33,53 \text{ mm}^2$$

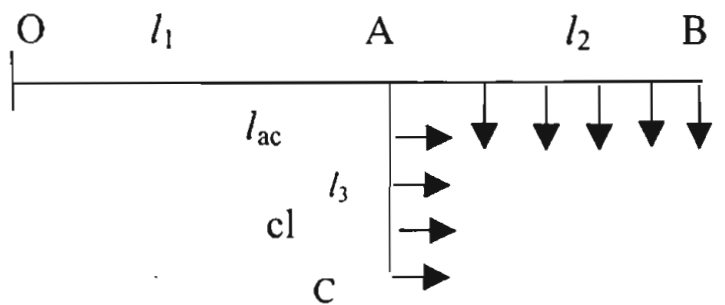
Chọn dây đồng M-35 có $F = 35 \text{ mm}^2$;

$$\text{Hao tổn thực tế } \Delta U \% = \frac{M}{C \cdot F_c} = \frac{6750}{83 \cdot 35} = 2,32 \% < 2,5 \%$$

Vậy tiết diện chọn đảm bảo yêu cầu.

Bài 3.23: Chọn tiết diện dây dẫn cho mạng điện chiếu sáng điện áp 380/220 V (hình 3.16) chiều dài đoạn OA là 50 m, đoạn AB có $l_2 = 125 \text{ m}$ và đoạn AC có $l_3 = 75 \text{ m}$. suất phụ tải trên một đơn vị chiều dài là $p_0 = 0,11 \text{ kW/m}$, hao tổn điện áp cho phép là $\Delta U_{cp} = 2,5\%$. Các đoạn dây trên đường trục từ nguồn O đến điểm B được xây dựng với 4 dây dẫn, các nhánh rẽ AC thuộc loại 1 pha có dây trung tính. Dự định chọn dây đồng.

Giải: Trước hết ta sơ bộ phân bố hao tổn điện áp cho phép trên các đoạn dây như sau: trên đoạn OA là $\Delta U_{OA} = 1,5\%$, trên các đoạn còn lại là $\Delta U_{AB} = \Delta U_{AC} = 1\%$ xác định phụ tải tính toán chạy trên các đoạn dây



Hình 3.16. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.23.

$$P_{AB} = p_0 \cdot l_2 = 0,11 \cdot 125 = 13,75 \text{ kW}$$

$$P_{AC} = p_0 \cdot l_3 = 0,11 \cdot 75 = 8,25 \text{ kW}$$

$$P_{OA} = P_{AB} + P_{AC} = 13,75 + 8,25 = 22 \text{ kW}$$

Momen tải của các đoạn dây

$$M_{OA} = P_{OA} \cdot l_1 = 22 \cdot 50 = 1100 \text{ kWm}$$

$$M_{AB} = P_{AB} \cdot l_{AB}/2 = 13,75 \cdot 125/2 = 859,38 \text{ kWm}$$

$$M_{AC} = P_{AC} \cdot l_{AC}/2 = 8,25 \cdot 75/2 = 309,38 \text{ kWm}$$

Tra bảng 4.pl.BT. ta tìm được hệ số $C = 83$ và bảng 5.pl.BT cho $\alpha = 1,85$.

Xác định momen quy đổi

$$M_{qd} = M_{OA} + M_{AB} + \alpha M_{AC} = 1100 + 859,38 + 1,85 \cdot 309,38 = 2531,72 \text{ kWm}$$

Tiết diện dây dẫn trên đoạn dây đầu

$$F_{OA} = \frac{M_{qd}}{C \Delta U_{cp}} = \frac{2531,72}{83 \cdot 1,3} = 23,46 \text{ mm}^2, \text{ ta chọn dây M-25}$$

Hao tổn điện áp thực tế trên đoạn OA

$$\Delta U_{OA} = \frac{2531,72}{83 \cdot 25} = 1,22 \%$$

Hao tổn điện áp trên các đoạn còn lại

$$\Delta U_{AB} = \Delta U_{AC} = \Delta U_{cp} - \Delta U_{OA} = 2,5 - 1,22 = 1,28 \%$$

Tiết diện dây dẫn các đoạn

$$F_{ab} = \frac{859,38}{83 \cdot 1,28} = 8,09 \text{ mm}^2 \text{ chọn dây M-10}$$

$$F_{ab} = \frac{309,38}{14 \cdot 1,28} = 17,27 \text{ mm}^2 \text{ chọn dây M-16 (C = 14, theo bảng 4.pl.BT)}$$

Ví dụ 3.24: Một động cơ công suất 40 kW, $\cos\varphi = 0,82$, điện áp định mức là $U_{nBC} = 380 \text{ V}$, bội số mở máy $k_1 = 3,5$ được cung cấp điện từ mạng hạ áp như hình 3.17. Máy biến áp TM 180/10 có:

$$S_{nBa} = 180 \text{ kVA}; \Delta P_k = 4,1 \text{ kW}; U_k = 5,5 \%,$$

Đường dây A50 dài $l = 320 \text{ m}$; $r_0 = 0,64 \Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,32 \Omega/\text{km}$;

Hãy kiểm tra điều kiện mở máy của động cơ.

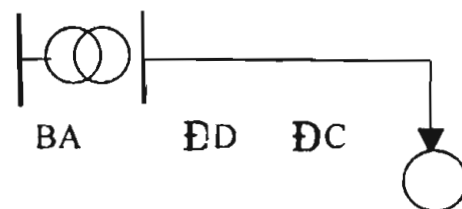
Giải: xác định điện trở của các

phần tử mạng điện:

$$Z_{BA} = \frac{U_k U_{nBA}^2}{100 \cdot S_{nBA}} = \frac{5,5 \cdot 0,38^2 \cdot 10^3}{100 \cdot 180} = 0,044 \Omega$$

$$R_{BA} = \frac{\Delta P_k U_{nBA}^2}{S_{nBA}^2} = \frac{2,4 \cdot 0,38^2}{100^2 \cdot 10^{-3}} =$$

10 kV 0,38 kV



Hình 3.17. Sơ đồ mạng điện ví dụ 3.24.

$$= 0,011 \Omega$$

$$X_{BA} = \sqrt{Z_{BA}^2 - R_{BA}^2} = 10^{-3} \sqrt{0,044^2 - 0,011^2} = 0,043 \Omega$$

$$\text{Đường dây: } R_{dd} = r_0/l = 0,63 \cdot 0,32 = 0,205 \Omega$$

$$X_{dd} = x_0/l = 0,32 \cdot 0,32 = 0,102 \Omega;$$

Động cơ : Dòng điện định mức của động cơ

$$I_{nDC} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{nDC} \cos \varphi} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,82} = 74,114 \text{ A}$$

$$X_{dc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} I_{nDC} K_t} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 74,114 \cdot 3,5} = 0,846 \Omega$$

$$Z_{BA} + Z_{DD} = \sqrt{(0,011 + 0,205)^2 + (0,044 + 0,102)^2} = 0,26 \Omega$$

$$Z_{BA} + Z_{DD} + Z_{DC} = \sqrt{(0,011 + 0,205)^2 + (0,044 + 0,102 + 0,846)^2} = 1,014 \Omega$$

$$\Delta U_{kd} = \frac{Z_{mha} + Z_{dd}}{Z_{mha} + Z_{dd} + Z_{dc}} 100 = \frac{0,26}{1,014} 100 = 25,623 \% < 40 \%$$

Vậy chế độ khởi động động cơ đảm bảo yêu cầu.

3. BÀI TẬP

3.1. Hãy xác định các tham số hệ thống và sơ đồ thay thế của đường dây 10 kV có dây dẫn là AC-95, chiều dài $l = 42$ km, khoảng cách giữa các pha là 2 m.

3.2. Hãy xác định các tham số hệ thống và sơ đồ thay thế của đường dây 22 kV có dây dẫn là AC-120, chiều dài $l = 30$ km, khoảng cách giữa các pha là 2,5 m.

3.3. Hãy xác định các tham số hệ thống và sơ đồ thay thế của đường dây 110 kV có dây dẫn là AC-120, chiều dài $l = 80$ km, khoảng cách giữa các pha là 4,3 m.

3.4. Hãy xác định các tham số hệ thống và sơ đồ thay thế của đường dây 110 kV có dây dẫn là AC-150, chiều dài $l = 95$ km, khoảng cách giữa các pha là 4,3 m.

3.5. Hãy xác định các tham số hệ thống và sơ đồ thay thế của đường dây 220 kV có dây dẫn là ACO-185, chiều dài $l = 159$ km, khoảng cách giữa các pha là 8,2 m.

3.6. Hãy xác định các tham số hệ thống và sơ đồ thay thế của đường dây 220 kV có dây dẫn là ACO-150, chiều dài $l = 137$ km, khoảng cách giữa các pha là 8,2 m.

3.7. Hãy xác định sự thay đổi điện trở phản kháng của đường dây 220 kV với dây dẫn mắc theo chiều ngang khoảng cách giữa các dây dẫn là 8 m, nếu thay vì dùng dây ACO-500 người ta xây dựng 2 dây ACO-240 cho mỗi pha, khoảng cách giữa các dây dẫn này là 40cm.

3.8. Hãy xác định các tham số của sơ đồ thay thế máy biến áp 2 cuộn dây loại TMT-10000/110.

3.9. Hãy xác định các tham số của sơ đồ thay thế máy biến áp 3 cuộn dây loại TMT-7500/110; Tỷ lệ công suất giữa các cuộn dây là 100:100:100

3.10. Hãy xác định các tham số của sơ đồ thay thế máy biến áp 3 cuộn dây loại TMT-25000/110; Tỷ lệ công suất giữa các cuộn dây là 100:100:66,7

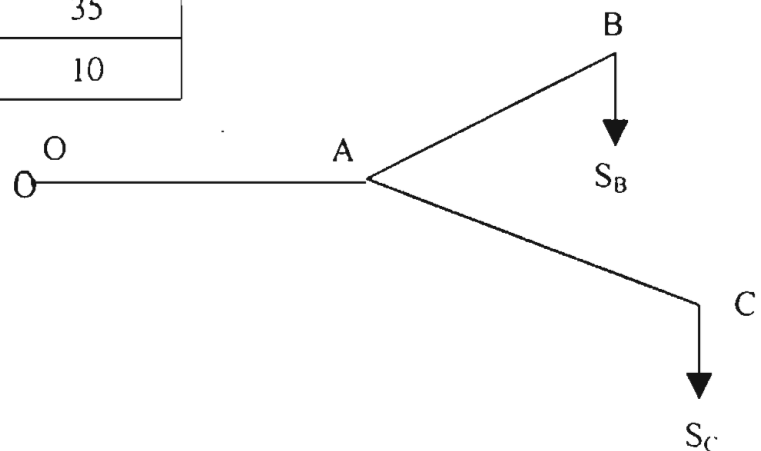
3.11. Hãy xác định hao tổn điện áp trên đường dây 10 kV làm bằng dây dẫn AC50 dài 18 km, công suất truyền tải trên đường dây là $S = 230 + j 180$ kVA.

3.12. Hãy xác định hao tổn điện áp trên đường dây 35 kV làm bằng dây dẫn AC95 dài 76 km, công suất truyền tải trên đường dây là $S = 860 + j 680$ kVA.

3.13. Hãy xác định hao tổn điện áp cực đại trên đường dây phân nhánh 10 kV với số liệu như sau:

Phụ tải tại điểm B là $S_B = 224 + j 168$ và tại điểm C là $S_C = 152 + j 114$

Đoạn dây	OA	AB	AC
Dây dẫn AC	70	50	35
Chiều dài, km	13	16	10

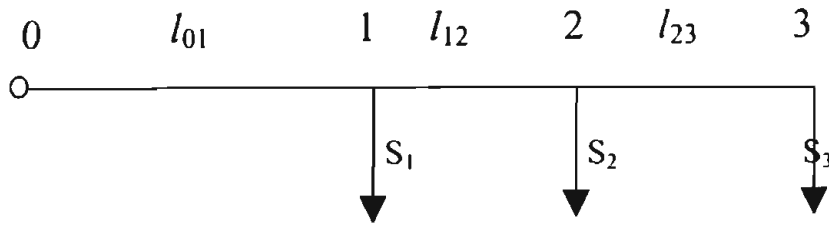


Bài 3.14. Hãy xác định hao tổn điện lớn nhất trong mạng điện chiếu sáng 3 pha dài 410 m có phụ tải không đối xứng mắc theo hình sao, biết dòng điện chạy trên các pha là $I_A = 19,3A$, $I_B = 24,5A$ và $I_C = 27A$ dây pha được làm bằng dây A-50 và dây trung tính là A-35.

Hình 3.18. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.13.

Bài 3.15. Hãy xác định hao tổn điện áp lớn nhất trong mạng điện 22 kV với phụ tải không đối xứng đấu theo hình tam giác. công suất của các điểm tải $S_1 = 250$ kVA, $S_2 = 287$ và $S_3 = 693$ kVA hệ số $\cos\phi = 0,8$ đường dây được thực hiện với dây AC-50. Điểm tải 1 mắc giữa

pha A và B, điểm tải 2 được mắc giữa pha B và C điểm tải 3 – pha C và A; Chiều dài các đoạn dây tương ứng là $l_{01} = 3,2$ km, $l_{12} = 1,85$ và $l_{23} = 3,7$ km.



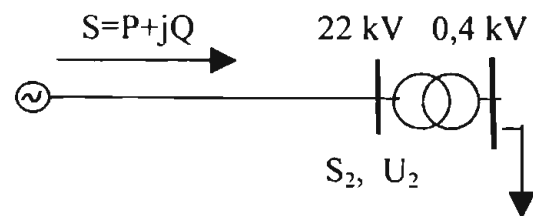
3.16. Hãy xác định hao tổn điện áp trong máy biến áp TM-400/10, biết công suất truyền tải trên đường dây là $S = 360 + j 276$ kVA.

3.17. Hãy xác định hao tổn công suất và điện năng trên đường dây 22 kV làm bằng dây dẫn AC-70 dài 21km, cung cấp cho một nhà máy có phụ tải tính toán là $S = 700$ kVA, hệ số công suất $\cos \varphi = 0,8$. Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 5100$ h.

3.18. Hãy xác định hao tổn công suất và điện năng trên đường dây 220 kV làm bằng dây dẫn ACO-120 dài 180 km, cung cấp cho phụ tải tính toán là $S = 50$ MVA, hệ số công suất $\cos \varphi = 0,80$, Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4800$ h.

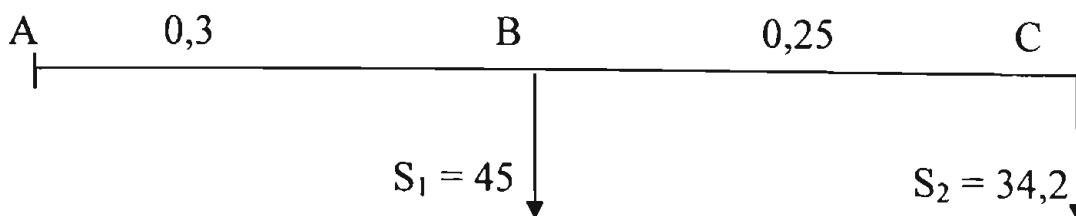
3.19. Hãy xác định hao tổn điện áp trong mạng điện gồm đường dây làm bằng dây dẫn AC70 dài 8 km và máy biến áp TM-630/10 công suất truyền tải trên đường dây là $S = 400 + j 300$ kVA.

3.20. Hãy chọn tiết diện dây dẫn cho đường dây hạ áp 0,38 kV dài 0,42 km, biết hao tổn điện áp cho phép là $\Delta U_{cp} = 10 \%$; công suất truyền tải $S = 68$ kVA, hệ số $\cos \varphi = 0,85$; dự kiến dùng dây nhôm ($\gamma = 32$ m/ $\Omega \cdot \text{mm}^2$).



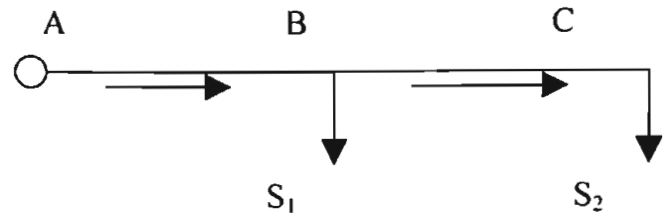
Hình 3.19. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.19.

3.21. Một đường dây 0,38 kV, công suất của phụ tải (kVA) và chiều dài các đoạn dây (km) được cho trên hình vẽ; hệ số công suất $\cos \varphi = 0,82$. Hãy chọn tiết diện dây dẫn theo các phương pháp thông dụng khác nhau, cho nhận xét! Biết hao tổn điện áp cho phép là $\Delta U_{cp} = 11,5 \%$;



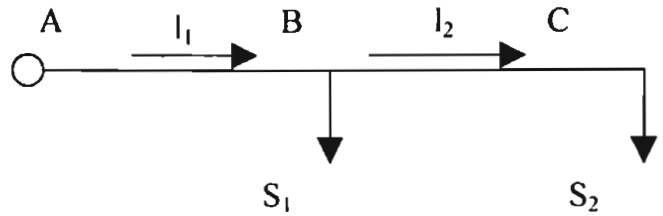
Hình.3.20. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.21.

3.22. Chọn tiết diện dây dẫn cho đường dây 2 mạch điện áp 220 kV theo phương pháp mật độ dòng điện kinh tế, biết công suất truyền tải là $S = 230$ MVA, hệ số $\cos\varphi = 0,88$, thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4590$ h.



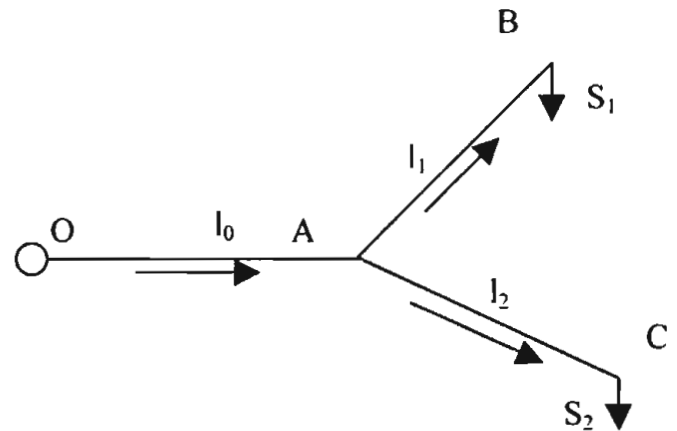
Hình.3.21. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.22.

3.23. Chọn tiết diện dây dẫn cho đường dây 2 mạch điện áp 220 kV theo phương pháp mật độ dòng điện kinh tế, biết phụ tải $S_1 = 385$ và $S_2 = 105$ MVA, $\cos\varphi = 0,86$ thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4500$ h.



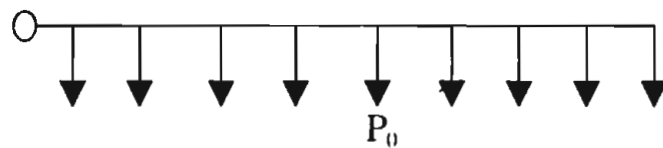
Hình.3.22. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.24.

3.24. Chọn tiết diện dây dẫn theo phương pháp mật độ dòng điện không đổi cho đường dây 10 kV, cung cấp cho các điểm tải có công suất tiêu thụ $S_1 = 385$ kVA và $S_2 = 170$ kVA, hệ số công suất $\cos\varphi = 0,86$ hao tổn điện áp cho phép $\Delta U_{cf} = 3,5\%$, chiều dài của các đoạn dây $l_1 = 9,5$ km và $l_2 = 11$ km, dự định dùng dây nhôm lõi thép.



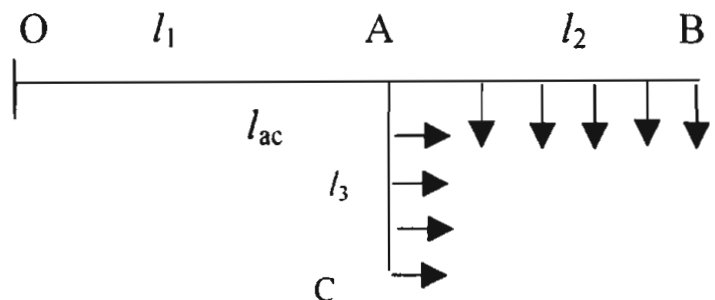
Hình.3.23. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.25.

3.25. Chọn tiết diện dây dẫn theo phương pháp kim loại màu cực tiểu cho đường dây 10 kV (hình 3.23.), cung cấp cho các điểm tải có công suất tiêu thụ $S_1 = 400$ kVA và $S_2 = 230$ kVA, hệ số công suất $\cos\varphi = 0,85$ hao tổn điện áp cho phép $\Delta U_{cf} = 4,5\%$, chiều dài của các đoạn dây $l_0 = 12$; $l_1 = 8,5$ km và $l_2 = 7,3$ km, dự định dùng dây nhôm lõi thép.



Hình 3.24. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.26.

3.26. Chọn tiết diện dây dẫn cho mạng điện chiếu sáng 380/220V dài $l = 160$ m (hình 3.24) có suất phụ tải trên một đơn vị chiều dài là $p_0 = 0,25$ kW/m.

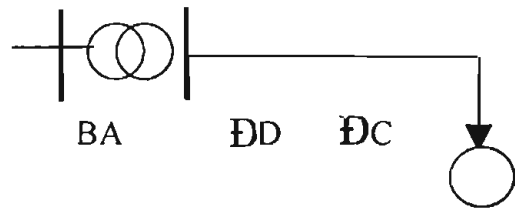


Hình 3.25. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.27.

hao tổn điện áp cho phép là $\Delta U_{cp} = 1,15 \%$, dự định chọn dây đồng.

3.27. Chọn tiết diện dây dẫn cho mạng điện chiếu sáng điện áp 380/220 V (hình 3.25) chiều dài đoạn OA là 120 m, đoạn AB có $l_2 = 50$ m và đoạn AC có $l_3 = 30$ m. suất phụ tải trên một đơn vị chiều dài là $p_0 = 0,15$ kW/m, hao tổn điện áp cho phép là $\Delta U_{cp} = 1,5 \%$. Các đoạn dây trên đường trực từ nguồn O đến điểm B được xây dựng với 4 dây dẫn, các nhánh rẽ AC thuộc loại 1 pha có dây trung tính. Dự định chọn dây nhôm.

10 kV 0,38 kV



Hình 3.26. Sơ đồ mạng điện bài 3.28.

3.28. Một động cơ công suất 33 kW, $\cos\phi = 0,80$, điện áp định mức là $U_{nĐC} = 380$ V, bội số mở máy $k_1 = 2,5$ được cung cấp điện từ mạng hạ áp như hình 3.26. Máy biến áp TM 100/10 có: $S_{nBa} = 100$ kVA; $\Delta P_k = 2,4$ kW ; $U_k = 5,5 \%$.

Đường dây A35 dài $l = 350$ m; $r_0 = 0,92 \Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,33 \Omega/\text{km}$;

Hãy kiểm tra điều kiện mở máy của động cơ.

Chương 4

TRẠM BIẾN ÁP

1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1.1. Vị trí đặt của trạm biến áp

1.1.1. Phương pháp xác định vị trí tối ưu của trạm biến áp

- *Trung tâm tải*: Toạ độ của trung tâm phụ tải được coi là vị trí của trạm biến áp và được xác định theo biểu thức :

$$X = \frac{\sum S_i x_i}{\sum S_i}; \quad Y = \frac{\sum S_i y_i}{\sum S_i}, \quad (4.1)$$

trong đó:

X, Y - toạ độ của tâm tải;

x_i, y_i - toạ độ của điểm tải thứ i ;

S_i - công suất của điểm tải thứ i .

- *Tối ưu về truyền tải điện năng*:

Để có thể xác định vị trí tối ưu dưới góc độ truyền tải điện năng ta cần xét hàm mục tiêu dạng:

$$\psi = \sum S_i \sqrt{(x_i - X)^2 + (y_i - Y)^2} \rightarrow \min \quad (4.2)$$

Toạ độ của trạm biến áp là các nghiệm của hệ phương trình

$$\frac{\partial \psi}{\partial X} = 0 \quad \text{và} \quad \frac{\partial \psi}{\partial Y} = 0$$

- *Tối ưu theo chi phí truyền tải và phân phối điện năng*:

Hàm mục tiêu được thiết lập theo chỉ tiêu chi phí quy đổi có dạng:

$$Z = \sum_{i=1}^M z_{cci} \sqrt{(x_i - X)^2 + (y_i - Y)^2} + \sum_{j=1}^N z_{ppj} \sqrt{(x_j - X)^2 + (y_j - Y)^2}, \quad (4.3)$$

trong đó: z_{cci} - chi phí quy đổi của mạng cung cấp từ nguồn thứ i đến trạm biến áp;

z_{ppj} - chi phí của mạng phân phối từ trạm biến áp đến điểm tải thứ j .

Lấy đạo hàm riêng của Z theo X và Y rồi cho triệt tiêu, nghiệm của hệ phương trình tìm được chính là tọa độ tối ưu của trạm biến áp.

M, N - Số nguồn cung cấp và số lượng điểm tải.

1.1.2. Chọn công suất và số lượng máy biến áp

Số lượng và công suất máy biến áp được xác định trên cơ sở giải bài toán kinh tế kỹ thuật.

a. So sánh các phương án theo chỉ tiêu chi phí quy đổi

$$Z = p_{BA} V_{BA} + c_{\Delta} \Delta A + Y \rightarrow \min, \quad (4.4)$$

trong đó: V_{BA} - vốn đầu tư máy biến áp;

p - hệ số sử dụng tiêu chuẩn và khấu hao thiết bị;

P_{BA} - hệ số sử dụng hiệu quả và khấu hao vốn đầu tư máy biến áp;

Y - thiệt hại do mất điện

$$Y = g_{th} A_{th} = g_{th} P_{th} t_r, \quad (4.5)$$

ở đây: g_{th} - đơn giá thiệt hại do mất điện, đ/kWh;

A_{th} - điện năng thiếu hụt trong năm, kWh;

P_{th} - công suất thiếu hụt trong thời gian mất điện t_r ;

t_r - thời gian mất điện, đối với trạm biến áp trung gian $t_r = 12$ và với trạm tiêu thụ $t_r = 24$ h/năm.

b. So sánh các phương án theo chỉ tiêu tổng chi chi phí quy về hiện tại

Giá trị chi phí quy về hiện tại PVC được xác định theo biểu thức

$$PVC = \sum_{t=0}^{T_c} C_t \beta^t \rightarrow \min \quad (4.6)$$

trong đó:

PVC - giá trị chi phí quy về hiện tại, đ;

$\beta = \frac{1}{1+i}$ - hệ số quy đổi;

i - hệ số chiết khấu;

T_c - tổng số năm của chu kỳ tính toán;

C_t - chi phí bỏ ra ở năm thứ t ; đ/năm.

Nếu chi phí ở các năm $C_t = \text{const}$ thì có thể áp dụng biểu thức

$$PVC = C_t \sum_{t=0}^{T_c} \frac{1}{(1+i)^t} = C_t \left(\frac{1-(1+i)^{-T_c}}{i} \right) \quad (4.7)$$

Phương án có PVC nhỏ nhất là phương án tối ưu.

2. BÀI GIẢI MẪU

Bài 4.1. Hãy xác định vị trí đặt của trạm biến áp trung gian, biết các thông tin về vị trí và phụ tải của các điểm như sau

Bảng 4.1. Số liệu bài toán 4.1

Điểm tải	Công suất	Toạ độ, km	
	kVA	x	y
1	46	7.4	1.2
2	52.5	33	5
3	35	2	23
4	56.3	21	20
5	38	19	12
6	42.7	36	9
7	37	22	35

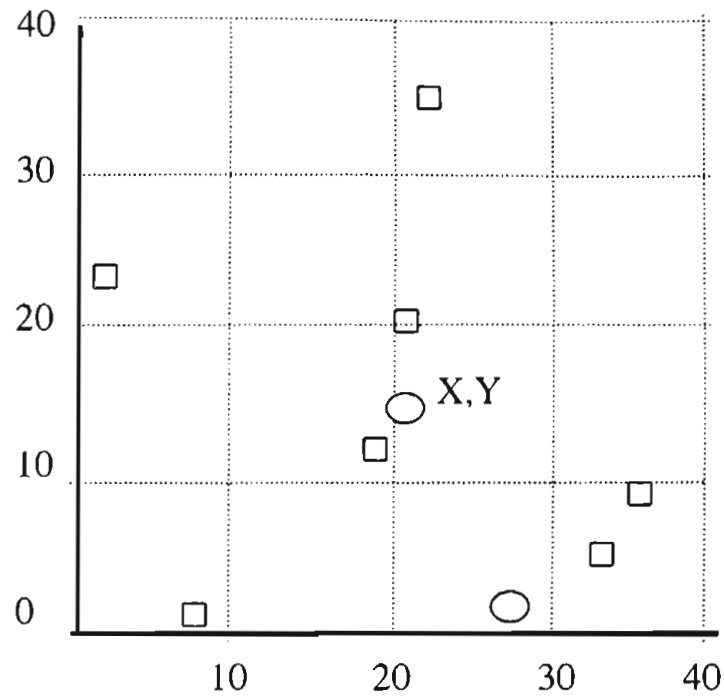
Giải: Toạ độ của trọng tâm phụ tải được coi là vị trí của trạm biến áp và được xác định theo biểu thức:

$$X = \frac{\sum S_i x_i}{\sum S_i} = \frac{46 \cdot 7,4 + 52,5 \cdot 33 + 35 \cdot 2 + 56,3 \cdot 21 + 38 \cdot 19 + 42,7 \cdot 36 + 37 \cdot 22}{46 + 52,5 + 35 + 56,3 + 38 + 42,7 + 37} =$$

$$= \frac{6398,4}{307,5} = 20,81$$

$$Y = \frac{\sum S_i y_i}{\sum S_i} = \frac{4384}{307,5} = 14,26$$

Kết quả xác định được $X = 20,81\text{km}$ và $Y = 14,26\text{ km}$. Tọa độ các điểm tải và trạm biến áp được thể hiện trên sơ đồ mặt bằng xí nghiệp



Hình 4.1. Sơ đồ mặt bằng bố trí các điểm tải và trạm biến áp.

Bài 4.2. Hãy xác định vị trí đặt của trạm biến áp tiêu thụ biết các thông tin về vị trí và phụ tải của các điểm như sau

Bảng 4.2. Số liệu bài toán 4.2

Điểm tải	Công suất	Tọa độ, km	
	kVA	X	Y
1	4,6	0,12	0,27
2	6,8	0,42	0,50
3	10,15	0,12	0,42
4	13,45	0,34	0,14
5	25,5	0,25	0,52
6	18,25	0,22	0,37
7	7,5	0,41	0,13
8	3,2	0,36	0,27
9	5,7	0,1	0,12

Tọa độ của trọng tâm phụ tải được coi là vị trí của trạm biến áp và được xác định theo biểu thức:

$$X = \frac{\sum S_i x_i}{\sum S_i} = \frac{4,6 \cdot 0,112 + 6,8 \cdot 0,42 + 10,15 \cdot 0,12 + 13,45 \cdot 0,34 + 25,5 \cdot 0,25 + 18,25 \cdot 0,22 + 7,5 \cdot 0,41 + 3,2 \cdot 0,36 + 5,7 \cdot 0,1}{4,6 + 6,8 + 10,15 + 13,45 + 25,5 + 18,25 + 7,5 + 3,2 + 5,7} = \frac{24,39}{95,15} = 0,256$$

$$Y = \frac{\sum S_i y_i}{\sum S_i} = \frac{33,32}{95,15} = 0,35$$

Kết quả xác định được $X = 0,256$ km và $Y = 0,35$ km . Tọa độ các điểm tải và trạm biến áp được thể hiện trên sơ đồ mặt bằng xí nghiệp .

Bài 4.3. Chọn số lượng và công suất máy biến áp của trạm biến áp 22/0,4 kV của một xí nghiệp với công suất tính toán dự báo là $S_{it} = 900$ kVA, hệ số công suất $\cos\varphi = 0,82$, trong đó phụ tải loại I và II chiếm 60% ($m_{1+2} = 0,6$), thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 5150$ h, hệ số tiêu chuẩn và khấu hao $p = 0,164$. Giá thành tổn thất điện năng $c_\Delta = 500$ đ/kWh; suất thiệt hại do mất điện $g_{lh} = 3000$ đồng/kWh.

Giải: Hệ số điện kín đồ thị có thể được xác định theo biểu thức:

$$k_{dk} = \frac{S_{lb}}{S_M} = \frac{T_M}{8760} = \frac{5150}{8760} = 0,588 < 0,75;$$

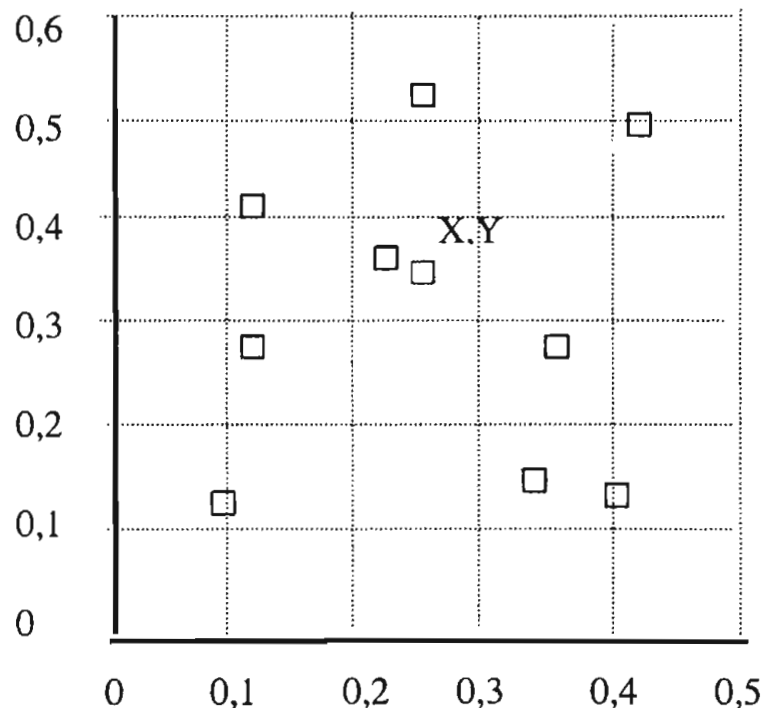
như vậy biến áp có thể làm việc quá tải 40% trong khoảng thời gian cho phép không quá 6 giờ.

Căn cứ vào số liệu cho trước và số liệu tính toán ta tiến hành so sánh 3 phương án:

Phương án I: chọn 2 máy biến áp công suất 2x400 kVA.

Phương án II: chọn 1 máy công suất 800 kVA.

Phương án III: chọn 1 máy biến áp công suất 1000 kVA.



Hình 4.2. Sơ đồ mặt bằng bố trí các điểm tải và trạm biến áp tiêu thụ.

Các tham số của các máy biến áp như sau:

Bảng 4.3a. Các tham số máy biến áp bài toán 4.3

S_{BA} , kVA	ΔP_0 , kW	ΔP_k , kW	Vốn đầu tư, 10^6 VND
2x400	0,84	5,75	196,6
800	1,4	10,5	138
1000	1,17	13	145,9

Xét về kỹ thuật, các phương án không ngang nhau về độ tin cậy cung cấp điện: Đối với phương án I, khi có sự cố ở một trong hai máy biến áp, máy còn lại sẽ phải gánh toàn bộ phụ tải loại I và II của xí nghiệp, đối với phương án II và phương án III sẽ phải ngừng cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ khi có sự cố trong máy biến áp. Để đảm bảo sự tương đồng về kỹ thuật của các phương án cần phải xét đến thành phần thiệt hại do mất điện khi có sự cố xảy ra trong các máy biến áp. Trước hết ta kiểm tra khả năng quá tải của máy biến áp khi một trong hai máy bị sự cố.

Phụ tải trong thời gian sự cố một máy biến áp bao gồm phụ tải loại I và loại II

$$S_{sc} = S_{II} \cdot m_{1+2} = 900 \cdot 0,60 = 540 \text{ kVA}$$

$$\text{Hệ số quá tải } k_{qt} = \frac{S_{sc}}{S_n} = \frac{540}{400} = 1,35 < 1,4$$

Như vậy máy có thể chịu được quá tải trong thời gian sự cố.

Xác định chi phí quy đổi của các phương án: Thiệt hại do mất điện. Coi sự thiệt hại đối với các phụ tải loại III ở các phương án là như nhau, ta chỉ xét đến thiệt hại do mất điện đối với phụ tải loại I và loại II.

- Đối với phương án I coi như thiệt hại bằng 0: $Y_1 = 0$

- Đối với phương án II và III:

$$Y_2 = g_{th} \cdot P_{th} \cdot t_r = g_{th} \cdot S_{sc} \cdot \cos \varphi \cdot t_r = 3000 \cdot 540 \cdot 0,82 \cdot 24 = 31,88 \cdot 10^6 \text{ đ/năm};$$

Xác định tổn thất điện năng trong các máy biến áp theo biểu thức:

$$\Delta A = n \cdot \Delta P_0 t + \frac{\Delta P_k}{n} \left(\frac{S}{S_n} \right)^2 \tau;$$

$$\tau = (0,124 + T_M 10^{-4})^2 8760 = (0,124 + 5150 \cdot 10^{-4})^2 8760 = 3577 \text{ h}$$

$$\text{Phương án I: } \Delta A_I = 2 \cdot 0,84 \cdot 8760 + \frac{5,75}{2} \cdot \left(\frac{900}{400} \right)^2 \cdot 3450 = 66777,34 \text{ kWh};$$

$$\text{Phương án II: } \Delta A_{II} = 1,4 \cdot 8760 + 10,5 \cdot \left(\frac{900}{800} \right)^2 \cdot 4150 = 59797,54 \text{ kWh};$$

Tính toán tương tự Phương án III có $\Delta A_{III} = 52994,67 \text{ kWh}$

Chi phí bù tổn thất:

$$C_1 = c_{\Delta} \cdot \Delta A_1 = 500 \cdot 66777,34 = 40,066 \cdot 10^6 \text{ đ/năm}$$

$$C_2 = 500 \cdot 59797,54 = 35,88 \cdot 10^6$$

$$C_3 = 500 \cdot 52994,67 = 31,797 \cdot 10^6 \text{ đ/năm}$$

Chi phí quy đổi của các phương án:

$$Z_I = pV_1 + C_1 + Y_1 = 0,164 \cdot 196,6 \cdot 10^6 + 40,066 + 0 = 72,50 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

$$Z_{II} = pV_2 + C_2 + Y_2 = 0,164 \cdot 138 \cdot 10^6 + 35,88 + 31,88 = 90,53 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

$$Z_{III} = pV_3 + C_3 + Y_3 = 0,164 \cdot 145,9 \cdot 10^6 + 31,797 + 31,88 = 87,75 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

Các kết quả tính toán được thể hiện trong bảng vd.43.b sau:

Bảng vd. 4.3.b. Kết quả tính toán của các phương án bài toán 4.3

TT	Các tham số	Ph. án I	Ph. án II	Ph. án III
1	Công suất trạm biến áp, kVA	2x400	800	1000
2	Tổng vốn đầu tư, triệu đồng	196,6	138	145,9
3	Tổn thất điện năng, 10^3 kWh/năm	66,77	59,8	53
4	Chi phí bù tổn thất, triệu đ/năm	40,066	35,88	31,797
5	Thiệt hại do mất điện, triệu đ/năm	0	31,88	31,88
6	Tổng chi phí quy đổi, triệu đ/năm	72,50	90,53	87,75

Như vậy ta thấy phương án I có tổng chi phí quy đổi thấp hơn phương án II và phương án III. Rõ ràng nếu không xét đến độ tin cậy cung cấp điện thì ta rất dễ chọn nhầm phương án vì cả vốn đầu tư và cả tổn thất ở phương án I đều cao hơn ở hai phương án kia. Việc lựa chọn phương án dùng 2 máy biến áp còn có lợi là có thể cắt bớt một máy khi phụ tải quá nhỏ, điều đó tránh cho máy biến áp phải làm việc non tải do đó giảm được tổn thất và nâng cao chất lượng điện. Với cách chọn máy biến áp như vậy ở những năm cuối của chu kỳ thiết kế máy có thể làm việc quá tải trong một khoảng thời gian nhất định, nhưng điều đó hoàn toàn không ảnh hưởng đến tuổi thọ của máy.

Bài 4.4. Chọn số lượng và công suất máy biến áp của trạm biến áp 22/0,4 kV của một xí nghiệp với công suất dự báo dạng tuyến tính theo thời gian: $S_t = 415 + 57,66 \cdot t$, kVA; $\cos \varphi = 0,8$, trong đó phụ tải loại I và II chiếm 70% ($m_{1+2} = 0,7$), thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 5150 \text{ h}$, hệ số chiết khấu $i = 0,1$; giá thành tổn thất điện năng $c_{\Delta} = 600 \text{ đ/kWh}$; suất thiệt hại

do mất điện $g_{in}=3000$ đồng/kWh, chu kỳ tính toán $T=7$ năm.

Giải : Trước hết ta xác định nhu cầu phụ tải ở các năm của chu kỳ tính toán theo hàm dự báo đã cho: ở năm thứ nhất

$$S_1 = 415 + 57,66.t \quad S_1 = 415 + 57,66.1 = 472,66 \text{ kVA,}$$

Tính toán tương tự cho các năm khác, kết quả ghi trong bảng VD.4.4.b. Căn cứ vào kết quả tính toán phụ tải $S_7 = 818,62$ kVA. Từ kết quả tính toán phụ tải các năm ta có thể chọn máy biến áp theo 3 phương án sau: PA1: dùng 2 máy 2x400 kVA; PA2: dùng 1 máy 800 kVA và PA3 dùng 1 máy 1000 kVA. Các tham số của máy biến áp tra trong sổ tay thiết kế, được thể hiện trong bảng vd.4.4.a.

Bảng vd.4.4.a. Các tham số của máy biến áp bài toán 4.4

S_{BA} , kVA	ΔP_0 , kW	ΔP_k , kW	Vốn đầu tư, 10^6 VNĐ
2x400	0,84	5,75	196,6
800	1,4	10,5	138
1000	1,75	13	145,9

Dưới góc độ kỹ thuật, các phương án không ngang nhau về độ tin cậy cung cấp điện: Đối với phương án 1, khi có sự cố ở một trong hai máy biến áp, máy còn lại sẽ phải gánh toàn bộ phụ tải loại I và II của xí nghiệp, còn ở phương án 2 và 3 sẽ phải ngừng cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ khi có sự cố trong máy biến áp. Để đảm bảo sự tương đồng về kỹ thuật của các phương án cần phải xét đến thành phần thiệt hại do mất điện khi có sự cố xảy ra ở 1 trong các máy biến áp. Trước hết ta kiểm tra khả năng quá tải của máy biến áp khi một trong hai máy bị sự cố đối với phương án 1. Phụ tải kiểm tra là phụ tải lớn nhất ở năm cuối. Phụ tải trong thời gian sự cố một máy biến áp bao gồm phụ tải loại I và loại II:

$$S_{sc} = S_{17} \cdot m_{1+2} = 818,62 \cdot 0,7 = 573,03 \text{ kVA}$$

Hệ số quá tải ở năm thứ nhất

$$k_{qt} = \frac{S_{sc1}}{S_n} = \frac{330,86}{400} = 0,83 < 1,4$$

Tính toán tương tự cho các năm khác, kết quả ghi trong bảng 4.4.b.

Ta nhận thấy chỉ có ở năm cuối thì hệ số quá tải mới vượt quá giá trị cho phép là 1,4 như vậy khả năng làm việc quá tải của các máy biến áp khi một trong 2 máy bị sự cố là hoàn toàn cho phép. Xác định chi phí của các phương án theo các năm:

Thời gian hao tổn cực đại

$$\tau = (0,124 + T_M 10^{-4})^2 8760 = (0,124 + 5150 \cdot 10^{-4})^2 8760 = 3577h$$

Phương án I:

Xác định tổn thất điện năng trong các máy biến áp:

Năm thứ nhất:

$$\Delta A_{1-1} = 2 \cdot 0,84 \cdot 8760 + \frac{5,75}{2} \cdot \left(\frac{472,66}{400}\right)^2 3577 = 29798,72 \text{ kWh}$$

Chi phí tổn thất ở năm thứ nhất:

$$C_1 = c_\Delta \cdot \Delta A_{1-1} = 600 \cdot 29798,72,34 = 17,88 \cdot 10^6 \text{ đ/năm}$$

Tính toán tương tự cho các năm và các phương án, kết quả ghi trong bảng VD.4.4.b.

Thiệt hại do mất điện được xác định theo biểu thức (4.5): Coi sự thiệt hại đối với các phụ tải loại III ở các phương án là như nhau, ta chỉ xét đến thiệt hại do mất điện đối với phụ tải loại I và loại II.

Đối với phương án dùng 2 máy biến áp thì coi như không có thiệt hại $Y=0$

Đối với phương án dùng 1 máy biến áp:

Thiệt hại ở năm đầu:

$$Y_1 = 3000 \cdot 330 \cdot 0,82 \cdot 24 = 19,53 \cdot 10^6 \text{ đ/năm};$$

Thiệt hại do mất điện ở các năm khác cũng xác định tương tự, kết quả ghi trong bảng VD4.4.b.

Tổng chi phí ở năm thứ nhất

$$C = C_1 + Y = 17,88 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

Tính toán tương tự kết quả ghi trong bảng VD.4.4.b.

Giá trị tổng chi phí quy về hiện tại PVC được xác định theo biểu thức

$$PVC = \sum_{t=0}^T C_t \beta^t \rightarrow \min$$

với

$$\beta = \frac{1}{1+i} = \frac{1}{1+0,1} = 0,91$$

Các thông số tổng hợp của các phương án biểu thị trong bảng VD3.

Bảng VD.4.4.b. Kết quả tính toán các phương án bài toán 4.4.

Phương án 1: 2 x 400 kVA

t	S, kVA	S _{sc} , kVA	ΔA, kWh	C, 10 ⁶ , d	C _Σ	β'	C _Σ · β'	k _{qt}
0	0,00	0,00	0,00	196,60	196,60	1,00	196,60	
1	472,66	330,86	29798,72	17,88	17,88	0,91	16,25	0,83
2	530,32	371,22	33702,87	20,22	20,22	0,83	16,71	0,93
3	587,98	411,59	38055,90	22,83	22,83	0,75	17,16	1,03
4	645,64	451,95	42857,83	25,71	25,71	0,68	17,56	1,13
5	703,30	492,31	48108,64	28,87	28,87	0,62	17,92	1,23
6	760,96	532,67	53808,33	32,29	32,29	0,56	18,22	1,33
7	818,62	573,03	59956,92	35,97	35,97	0,51	18,46	1,43
							318,89	

Phương án 2: 1x750 kVA

t	S, kVA	S _{sc} , kVA	ΔA, kWh	Y, 106, d	C, 106, d	C _Σ	βt	C _Σ · βt
0	0,00	0,00	0,00	0,00	138,60	138,60	1,00	138,60
1	472,66	330,86	27185,63	19,53	16,31	34,85	0,91	32,59
2	530,32	371,22	31048,29	21,92	18,63	40,55	0,83	33,51
3	587,98	411,59	35355,06	24,30	21,21	44,51	0,75	34,19
4	645,64	451,95	40105,94	26,68	24,06	50,75	0,68	34,66
5	703,30	492,31	45300,95	29,07	27,18	56,25	0,62	34,92
6	760,96	532,67	50940,07	31,45	30,56	62,01	0,56	34,00
7	818,62	573,03	57023,31	33,83	34,21	68,05	0,51	34,92
				186,78		358,96		378,40

Phương án 3: 1x1000 kVA

t	S, kVA	S _{sc} , kVA	ΔA, kWh	Y, 106, d	C, 106, d	C _Σ	βt	C _Σ · βt
0	0,00	0,00	0,00	0,00	145,90	144,90	1,00	144,90
1	472,66	330,86	26241,44	19,53	15,74	34,28	0,91	32,07
2	530,32	371,22	29066,01	21,92	17,44	39,36	0,83	32,53
3	587,98	411,59	32215,33	24,30	19,33	43,63	0,75	32,78
4	645,64	451,95	35689,42	26,68	21,41	48,10	0,68	32,85
5	703,30	492,31	39488,27	29,07	23,69	52,76	0,62	32,76
6	760,96	532,67	43611,88	31,45	26,17	57,62	0,56	32,52
7	818,62	573,03	48060,24	33,83	28,84	62,67	0,51	32,16
				186,78		339,40		373,57

Bảng VD 4.4.c. Kết quả tổng hợp của các phương án so sánh bài toán 4.4.

Tham số	Phương án 1	Phương án 2	Phương án 3
Vốn đầu tư V, 10^6 đ	196,60	138,60	145,90
ΔA kWh	306289,22	286959,24	254372,59
Thiệt hại Y, 10^6 đ	0	127,18	172,18
PVC, 10^6 đ	318,89	373,57	378,4

Từ kết quả tính toán ở bảng 4.4.c, ta thấy phương án 1 có PVC nhỏ nhất, nên đó chính là phương án tối ưu cần xác định. Ta nhận thấy rằng nếu không xét đến độ tin cậy cung cấp điện thì có thể rất dễ chọn nhầm phương án vì cả vốn đầu tư và cả tổn thất ở phương án 1 đều cao hơn ở phương án 2 và phương án 3. Hơn nữa, nếu chúng ta chỉ xét đến điều kiện $S_{nBA} > S_7$ thì phương án lựa chọn sẽ là máy biến áp 1000 kVA và trong trường hợp này tổng chi phí tính toán sẽ là $378,4 \cdot 10^6$ đ. Như vậy với việc chọn hợp lý công suất máy biến áp, chúng ta đã tiết kiệm được một lượng tổng cộng là $378,4 - 318,89 = 54,86$ triệu đồng, tức tăng thêm khoảng 17 %. Thêm vào đó, nếu ta chọn phương án dùng máy biến áp 1000 kVA thì hầu như suốt thời gian hoạt động máy luôn luôn làm việc non tải, nên sẽ dẫn đến những thất thoát phụ do hệ số $\cos\phi$ bị giảm và làm ảnh hưởng xấu đến chất lượng điện năng.

3. BÀI TẬP

4.1. Hãy xác định vị trí đặt của trạm biến áp phân phối biết công suất và toạ độ của các điểm tải như sau

Điểm tải	Phụ tải, kVA	Toạ độ, m	
	S	x	y
1	2,5	3,5	2,5
2	15	8,6	15
3	2	27	2
4	43	2,8	43
5	12	25	12
6	31	9	31
7	18	33	18

4.2. Hãy xác định vị trí đặt của trạm biến áp tiêu thụ, biết toạ độ và công suất của các điểm tải

Điểm tải	Phụ tải, kVA	Toạ độ , m	
	S	x	y
1	3,75	0,42	0,12
2	5,87	0,35	0,25
3	12,3	0,56	0,22
4	8,76	0,22	0,3
5	15,6	0,5	0,35
6	14,25	0,41	0,52
7	18,32	0,18	0,55
8	10,12	0,1	0,05
9	6,78	0,1	0,43

4.3. Hãy chọn số lượng và công suất máy biến áp 22/0,4 kV cho một khu vực có phụ tải tính toán là $S_M = 530$ kVA, $\cos\varphi = 0,8$, trong đó có 65 % phụ tải loại I và loại II ($m_{1+2} = 0,65$), thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4870$ h. Giá thành tổn thất điện năng $c_\Delta = 500$ đ/kWh, suất thiệt hại do mất điện $g_{th} = 3500$ đ/kWh, hệ số tiêu chuẩn và khấu hao $p = 0,164$.

4.4. Chọn máy biến áp 10/0,4 kV cho một xí nghiệp có phụ tải tính toán là $S_M = 405$ kVA, $\cos\varphi = 0,8$, trong đó có 60 % phụ tải loại I và loại II ($m_{1+2} = 0,60$), thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4750$ h. Giá thành tổn thất điện năng $c_\Delta = 500$ đ/kWh, suất thiệt hại do mất điện $g_{th} = 3000$ đ/kWh, hệ số tiêu chuẩn và khấu hao $p = 0,164$.

4.5. Hãy chọn số lượng và công suất máy biến áp của trạm biến áp 10/0,4 kV của một xí nghiệp với công suất dự báo dạng tuyến tính theo thời gian: $S_t = 169 + 29,6.t$, hệ số công suất $\cos\varphi = 0,8$, trong đó phụ tải loại I và II chiếm 65% ($m_{1+2} = 0,65$); thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4750$ h. Giá thành tổn thất điện năng $c_\Delta = 500$ đ/kWh; suất thiệt hại do mất điện $g_{th} = 3000$ đồng/kWh, chu kỳ tính toán $T = 7$ năm, hệ số chiết khấu $i = 0,1$.

4.6. Hãy chọn số lượng và công suất máy biến áp của trạm biến áp 22/0,4 kV của một xí nghiệp với công suất dự báo dạng tuyến tính theo thời gian: $S_t = 357 + 33.t$, $\cos\varphi = 0,8$, trong đó phụ tải loại I và II chiếm 63% ($m_{1+2} = 0,63$); thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 5000$ h. Giá thành tổn thất điện năng $c_\Delta = 500$ đ/kWh; suất thiệt hại do mất điện $g_{th} = 3000$ đồng/kWh, chu kỳ tính toán $T = 7$ năm, hệ số chiết khấu $i = 0,1$.

Chương 5

TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH

1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1.1. Sơ đồ thay thế tính toán

Sơ đồ thay thế tính toán là sơ đồ mạch điện mà các phần tử của hệ thống được thay bằng các điện trở (đối với máy phát, bằng điện trở và suất điện động).

Công thức xác định điện trở của các phần tử HTĐ

TT	Các phần tử	Hệ đơn vị có tên, Ω	Hệ đơn vị tương đối
1	Hệ thống	$X_{ht} = \frac{U_{cb}^2}{S_k}$	$X_{ht*} = \frac{S_{cb}}{S_k}$
2	Máy phát	$X_{mp} = x''_j \frac{U_{cb}^2}{S_{mp}}$	$X_{mp*} = x''_j \frac{S_{cb}}{S_{mp}}$
3	Máy biến áp	$R_B = \frac{\Delta P_k U_{cb}^2}{S_{BA}^2}$ $Z_B = \frac{U_k U_{cb}^2}{100 S_{BA}}$ $X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2}$	$R_{B*} = \frac{\Delta P_k S_{cb}}{S_{BA}^2}$ $Z_{B*} = \frac{U_k S_{cb}}{100 S_{BA}}$ $X_{B*} = \sqrt{Z_{B*}^2 - R_{B*}^2}$
4	Đường dây	$R_{dd} = r_0 l \frac{U_{cb}^2}{U_d^2}$ $X_{dd} = x_0 l \frac{U_{cb}^2}{U_d^2}$	$R_{dd*} = r_0 l \frac{S_{cb}}{U_d^2}$ $X_{dd*} = x_0 l \frac{S_{cb}}{U_d^2}$
5	Kháng điện	$X_{kd} = x_{kd} \frac{U_{kd}}{\sqrt{3} I_{kd}}$	$X_{kd*} = X_{kd} \frac{I_{cb}}{I_{kd}}$
6	Phụ tải	$X_{pt} = X''_{pt} \frac{S_{cb}^2}{S_{pt}}$	$X_{pt*} = X''_{pt} \frac{S_{cb}}{S_{pt}}$

Trong các công thức trên:

S_k - công suất ngắn mạch của hệ thống (nếu không biết trước S_k thì có thể coi $S_k = S_{cái}$ của máy cắt tổng của mạng điện cần tính toán ngắn mạch), MVA;

S_{cb} - công suất cơ bản, MVA;

U_{cb} - điện áp cơ bản, kV;

U_d - điện áp định mức của đường dây, kV;

I_{cb} - dòng điện cơ bản, kA;

S_{mp} - công suất định mức của máy phát, MVA;

S_{BA} - công suất định mức của máy biến áp, MVA;

U_{BA} - điện áp định mức của máy biến áp, kV;

x''_d - điện trở siêu quá độ dọc trục máy phát;

U_k - điện áp ngắn mạch của máy biến áp, %;

ΔP_k - hao tổn công suất ngắn mạch trong máy biến áp, MW;

x_{kd} - điện trở tương đối của cuộn kháng điện ;

r_0, x_0 - suất điện trở tác dụng và phản kháng của đường dây, Ω / km ;

l - chiều dài đường dây, km;

U_{kd}, I_{kd} - điện áp và dòng điện định mức của kháng điện, kV và kA.

Đối của máy biến áp 3 cuộn dây, các giá trị điện áp ngắn mạch của từng cuộn dây theo các biểu thức sau:

$$U_{kc} = 0,5(U_{kCH} + U_{kCT} - U_{kTH});$$

$$U_{kT} = 0,5(U_{kTH} + U_{kCT} - U_{kCH});$$

$$U_{kH} = 0,5(U_{kCH} + U_{kTH} - U_{kCT}).$$

Suất điện động của phụ tải trong hệ đơn vị có tên được xác định theo biểu thức

$$E_{Pt^*} = U \sqrt{(\cos \varphi)^2 + (\sin \varphi - x_{Pt^*})^2}$$

Hệ đơn vị tương đối:

$$E_{Pt^*} = \sqrt{\left(\frac{U}{U_{cb}} \cos \varphi\right)^2 + \left(\frac{U}{U_{cb}} \sin \varphi - \frac{I_{Pt^*} x_{Pt^*}}{I_{cb}}\right)^2},$$

trong đó :

U - điện áp trung bình nơi đặt phụ tải ;

x_{pt} - điện trở của phụ tải trong hệ đơn vị tương đối.

1.2. Biến đổi sơ đồ

- Mạch nối tiếp: $X_{\Sigma} = X_1 + X_2 + \dots + X_n$.

- Mạch song song: $X_{\Sigma} = \frac{1}{1/X_1 + 1/X_2 + \dots + 1/X_n}$

Với mạch 2 phân tử: $X_{\Sigma} = \frac{X_1 \cdot X_2}{X_1 + X_2}$

Với mạch 3 phân tử: $X_{\Sigma} = \frac{X_1 \cdot X_2 \cdot X_3}{X_1 X_2 + X_1 X_3 + X_2 X_3}$

Suất điện động tương đương của n nguồn song song

$$E_{td} = \frac{E_1 g_1 + E_2 g_2 + \dots + E_n g_n}{g_1 + g_2 + \dots + g_n}$$

với
$$g_1 = \frac{1}{Z_{\Sigma 1}} ; g_2 = \frac{1}{Z_{\Sigma 2}} \dots, g_n = \frac{1}{Z_{\Sigma n}}$$

Biến đổi sao-tam giác và ngược lại:

$$X_{12} = X_1 + X_2 + \frac{X_1 X_2}{X_3} ; X_{13} = X_1 + X_3 + \frac{X_1 X_3}{X_2} ; X_{23} = X_2 + X_3 + \frac{X_2 X_3}{X_1}$$

$$X_1 = \frac{X_{12} X_{13}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}} ; X_2 = \frac{X_{12} X_{23}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}} ; X_3 = \frac{X_{23} X_{13}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}}$$

1.3. Tính toán ngắn mạch 3 pha

1.3.1. Giá trị dòng ngắn mạch 3 pha

$$I_k^{(3)} = \frac{E_{td}}{Z_{k\Sigma}}$$

trong đó: E_{td} - suất điện động tổng hợp ứng với điện áp pha;

$Z_{k\Sigma}$ - tổng trở ngắn mạch.

1.3.2. Giá trị dòng điện xung kích

$$i_{xk} = k_{xk} \sqrt{2} I_k^{(3)}$$

trong đó: k_{xk} – hệ số xung kích, phụ thuộc vào tỷ số X/R cho trong bảng 6.pl.BT.

Nếu không biết giá trị chính xác của tỷ số X/R, thì đối với mạng cao áp có thể coi

$k_{xk} = 1,8$ và mạng hạ áp là coi $k_{xk} = 1,2$

1.3.3. Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích

$$I_{xk} = \sqrt{I_{ck}^2 + I_{kck}^2} = I_k^{(3)} \cdot \sqrt{1 + 2(k_{xk} - 1)^2} = I_k^{(3)} q_{xk}$$

Hệ số q_{xk} phụ thuộc vào nơi xảy ra ngắn mạch. Các giá trị của k_{xk} và q_{xk} có thể lấy gần đúng theo bảng 7.pl.BT

1.3.4. Công suất ngắn mạch

$$S_k = \sqrt{3} U I_k^{(3)}$$

1.4. Tính toán ngắn mạch không đối xứng

1.4.1. Điện trở của các phần tử ở chế độ ngắn mạch không đối xứng

* **Điện trở thứ tự thuận:** $Z_1 = Z_k$

* **Điện trở thứ tự nghịch:** Điện trở thứ tự nghịch của các phần tử (trừ máy phát) bằng điện trở thứ tự thuận, ($Z_1=Z_2$). Điện trở thứ tự nghịch của máy phát phụ thuộc vào loại máy:

- Máy phát cực lõi : $X_2 = 1,45x''_d$.

- Máy phát cực ẩn : $X_2 = 1,22x''_d$.

* **Điện trở thứ tự không:** Thành phần tác dụng của điện trở thứ tự không ở tất cả các phần tử bằng thành phần thứ tự thuận, ($R_0=R_1$), thành phần phản kháng thứ tự không của máy biến áp có thể xác định gần đúng trong khoảng

$$X_0 = \left(\frac{0,3 \cdot U_{nBA}^2}{S_{nBA}} \div \frac{U_{nBA}^2}{S_{nBA}} \right)$$

Thành phần phản kháng của điện trở thứ tự không của đường dây phụ thuộc vào:

- Đường dây 1 mạch có dây chống sét: $X_0 = 2X_1$.

- Đường dây 1 mạch không có dây chống sét: $X_0 = 3,5X_1$.

- Đường dây 2 mạch có dây chống sét: $X_0 = 3X_1$.

- Đường dây 2 mạch không có dây chống sét: $X_0 = 5,5X_1$.

Do có 3 thành phần thứ tự không của 3 pha chạy trên dây trung tính nên điện trở dây trung tính phải tăng lên 3 lần, ($Z_{0T}=3Z_1$).

1.4.2. Xác định dòng điện ngắn mạch không đối xứng

Dòng điện ngắn mạch không đối xứng được xác định theo biểu thức tổng quát sau:

$$I_k^{(i)} = \frac{m^{(i)}E}{Z_{\Sigma 1} + \Delta Z^{(i)}},$$

trong đó: E - suất điện động điện áp pha;

$m^{(i)}$ và $\Delta Z^{(i)}$ - các hệ số phụ thuộc vào dạng ngắn mạch không đối xứng.

Đối với trường hợp ngắn mạch hai pha

$$I_k^{(2)} = \frac{\sqrt{3} E_{\Sigma}}{Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 2}} = \frac{\sqrt{3} E_{\Sigma}}{2Z_{\Sigma 1}} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_k^{(3)}$$

Các hệ số $m^{(i)}$ và $\Delta Z^{(i)}$ của các dạng ngắn mạch

Loại ngắn mạch	ký hiệu	$m^{(i)}$	$\Delta Z^{(i)}$
3 pha	(3)	1	0
2 pha	(2)	$\sqrt{3}$	$Z_{\Sigma 2}$
1 pha	(1)	3	$Z_{\Sigma 2} + Z_{\Sigma 0}$
2 pha - đất	(1,1)	$\sqrt{3 - \frac{3Z_{\Sigma 2}Z_{\Sigma 0}}{(Z_{\Sigma 2} + Z_{\Sigma 0})^2}}$	$\frac{Z_{\Sigma 2}Z_{\Sigma 0}}{Z_{\Sigma 2} + Z_{\Sigma 0}}$

1.5. Tính toán ngắn mạch trong mạng điện hạ áp

1.5.1. Dòng ngắn mạch 3 pha

Trong mạng điện hạ áp dòng ngắn mạch 3 pha cũng được xác định tương tự như ở mạng điện cao áp

$$I_k^{(3)} = \frac{E_{\Sigma}}{Z_{\Sigma}},$$

trong đó: E_{Σ} - suất điện động quy về điện áp pha;

Z_{Σ} - tổng điện trở ngắn mạch.

Nếu có động cơ đồng bộ mắc trực tiếp tại điểm ngắn mạch thì giá trị của dòng ngắn mạch sẽ tăng thêm do có thành phần của dòng điện từ động cơ này. Giá trị dòng điện của động cơ được xác định theo biểu thức:

$$I_{dc} = \frac{P_{dc}}{\sqrt{3}U_{dc}\eta\cos\varphi_{dc}},$$

trong đó: P_{dc} - công suất định mức của động cơ;

U_{dc} - điện áp định mức của động cơ;

$\eta, \cos\varphi$ - hệ số hiệu dụng và hệ số công suất của động cơ.

Dòng xung kích từ động cơ:

$$i_{xkd} = \sqrt{2} \cdot 4,5I_{dc}.$$

Lúc đó giá trị của dòng ngắn mạch sẽ là

$$I_k = I_k^{(3)} + I_{dc}$$

Và dòng xung kích $i_{xk} = i_{xk}^{(3)} + i_{xkdc}$

1.5.2. Xác định dòng ngắn mạch 1 pha

$$I_k^{(1)} = \frac{3,0,95.E_f}{Z_{\Sigma 1} + Z_{\Sigma 2} + Z_{\Sigma 0}}$$

trong đó: $Z_{\Sigma 1}, Z_{\Sigma 2}, Z_{\Sigma 0}$ - tổng điện trở thứ tự thuận, thứ tự nghịch và thứ tự không có kể cả điện trở phụ.

Nếu không kể đến điện trở phía cao áp và điện trở của các thiết bị phụ thì có thể xác định tổng trở ngắn mạch một pha theo biểu thức sau:

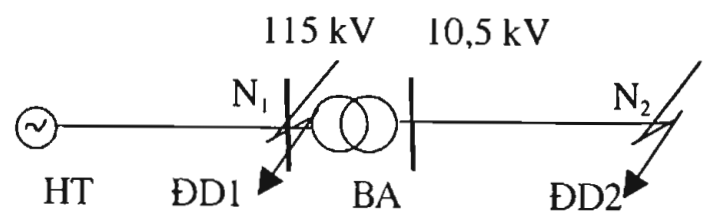
$$Z_{\Sigma} = \sqrt{(3R_B + 6R_f)^2 + (2X_B + X_{oB} + 7X_f)^2}$$

Khi đó dòng ngắn mạch một pha sẽ là

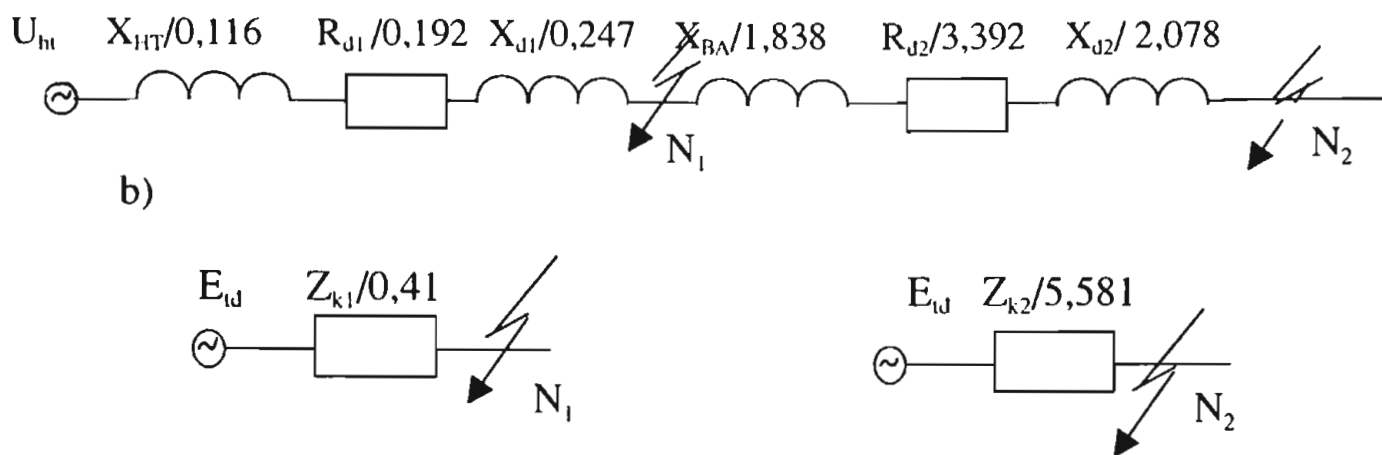
$$I_k^{(1)} = \frac{3,0,95.E_f}{Z_{\Sigma}}$$

2. BÀI GIẢI MẪU

Bài 5.1: Tính toán ngắn mạch 3 pha tại điểm N_1 và N_2 trên sơ đồ mạng điện (như hình 5.1) được cung cấp từ hệ thống có điện áp không đổi là 115 kV và công suất ngắn mạch là 950 MVA, đường dây cung cấp ĐD1 dài 70 km, được làm bằng dây AC-95, đường dây phân phối dài 5,3 km bằng dây AC-50, máy biến áp mã hiệu TMTH-6,3/110 có công suất định mức $S_{nBA} = 6,3$ MVA, điện áp ngắn mạch $U_k = 10,5\%$. (Giải theo hai hệ đơn vị)



Hình 5.1.a. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.1.



Hình 5.1.b. Sơ đồ thay thế tính toán trong hệ đơn vị có tên bài 5.1.

Giải:

a. Giải trong hệ đơn vị có tên

Trước hết cần thiết lập sơ đồ thay thế (hình 5.1b), chọn điện áp cơ bản là 10,5 kV:

Xác định điện trở của các phần tử: Căn cứ vào mã hiệu của dây dẫn ta tra bảng tìm các giá trị (bảng 17.pl) [1].

AC-95 có $r_0 = 0,33$ và $x_0 = 0,415 \Omega/\text{km}$; dây AC-50 có $r_0 = 0,64$ và $x_0 = 0,392 \Omega/\text{km}$

- Điện trở của hệ thống: $X_1 = X_{ht} = \frac{U_{cb}^2}{S_{kht}} = \frac{10,5^2}{950} = 0,116 \Omega$

- Điện trở đường dây:

$$R_{d1} = r_{01} \cdot l_1 \left(\frac{U_{cb}}{U_{d1}} \right)^2 = 0,33 \cdot 70 \cdot \left(\frac{10,5}{115} \right)^2 = 0,192 \Omega$$

$$X_{d1} = x_{01} \cdot l_1 \left(\frac{U_{cb}}{U_{d1}} \right)^2 = 0,423 \cdot 70 \cdot \left(\frac{10,5}{115} \right)^2 = 0,247 \Omega$$

$$R_{d2} = r_{02} \cdot l_2 \left(\frac{U_{cb}}{U_{d2}} \right)^2 = 0,64 \cdot 5,3 \cdot \left(\frac{10,5}{105} \right)^2 = 3,392 \Omega$$

$$X_{d2} = x_{01} \cdot l_1 \left(\frac{U_{cb}}{U_{d2}} \right)^2 = 0,392 \cdot 5,3 \cdot \left(\frac{10,5}{105} \right)^2 = 2,078 \Omega$$

- Điện trở máy biến áp: $X_{BA} = \frac{U_k \cdot U_{cb}^2}{100 \cdot S_{BA}} = \frac{10,5 \cdot 10,5^2}{100 \cdot 6,3} = 1,838 \Omega$

Điện trở ngắn mạch đến điểm N_1 :

$$Z_{k1} = \sqrt{R_{d1}^2 + (X_{ht} + X_{d1})^2} = \sqrt{0,192^2 + (0,116 + 0,247)^2} = 0,41 \Omega$$

Điện trở ngắn mạch đến điểm N2:

$$\begin{aligned} Z_{k2} &= \sqrt{(R_{d1} + R_{d2})^2 + (X_{ht} + X_{d1} + X_{BA} + X_{d2})^2} = \\ &= \sqrt{(0,192 + 3,392)^2 + (0,116 + 0,247 + 1,838 + 2,078)^2} = 5,581 \Omega \end{aligned}$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N₁ ứng với cấp điện áp cơ bản:

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,41} = 14,756 \text{ kA}$$

Giá trị dòng ngắn mạch thực tế tại điểm xảy ra ngắn mạch

$$I_{k1}^{0(3)} = I_{k1}^{(3)} \frac{U_{cb}}{U_d} = 14,756 \cdot \frac{10,5}{115} = 1,347 \text{ kA}$$

Hệ số xung kích k_{xk} được xác định phụ thuộc vào tỷ lệ X_{k1}/R_{k1}

$$X_{k1} = X_{ht} + X_{d1} = 0,116 + 0,247 = 0,363 \Omega$$

$$R_{k1} = R_{d1} = 0,192 \Omega, \text{ vậy } X_{k1}/R_{k1} = 0,363/0,192 = 1,884$$

từ đó ta tìm được $k_{xk1} = 1,198$ (bảng 6.pl.BT).

Giá trị dòng điện xung kích:

$$i_{xk} = \sqrt{2} \cdot k_{xk1} \cdot I_{k1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,198 \cdot 1,347 = 2,283 \text{ kA}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích:

$$I_{xk} = I_k^{(3)} \sqrt{1 + 2(k_{xk} - 1)^2} = 1,347 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,198 - 1)^2} = 1,4 \text{ kA}$$

Công suất ngắn mạch: $S_{k1} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{k1}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 115 \cdot 1,347 = 268,362 \text{ MVA}$.

Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N₂ ứng với cấp điện áp cơ bản:

$$I_{k2}^{(3)} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3} \cdot Z_{k2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 5,581} = 1,086 \text{ kA}$$

Hệ số xung kích k_{xk} được xác định phụ thuộc vào tỷ lệ X_{k2}/R_{k2}

$$X_{k2} = X_{ht} + X_{d1} + X_{BA} + X_{d2} = 4,28 \Omega$$

$$R_{k2} = R_{d1} + R_{d2} = 3,58 \Omega, \text{ vậy } X_{k2}/R_{k2} = 4,28/3,58 = 1,19$$

từ đó ta tìm được $k_{xk1} = 1,12$ (bảng 6.pl.BT);

Giá trị dòng điện xung kích:

$$i_{xk2} = \sqrt{2} \cdot k_{xk2} \cdot I_{k2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,12 \cdot 1,086 = 1,72 \text{ kA};$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích:

$$I_{xk2} = I_{k2}^{(3)} \sqrt{1 + 2(k_{xk} - 1)^2} = 1,086 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,12 - 1)^2} = 1,1 \text{ kA}$$

Công suất ngắn mạch:

$$S_{k2} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{k2}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 1,086 = 19,75 \text{ MVA}.$$

b. Giải trong hệ đơn vị tương đối

Trước hết ta chọn các tham số cơ bản:

$$S_{cb} = 100 \text{ MVA}; U_{cb} = 10,5 \text{ kV}; I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ kA}.$$

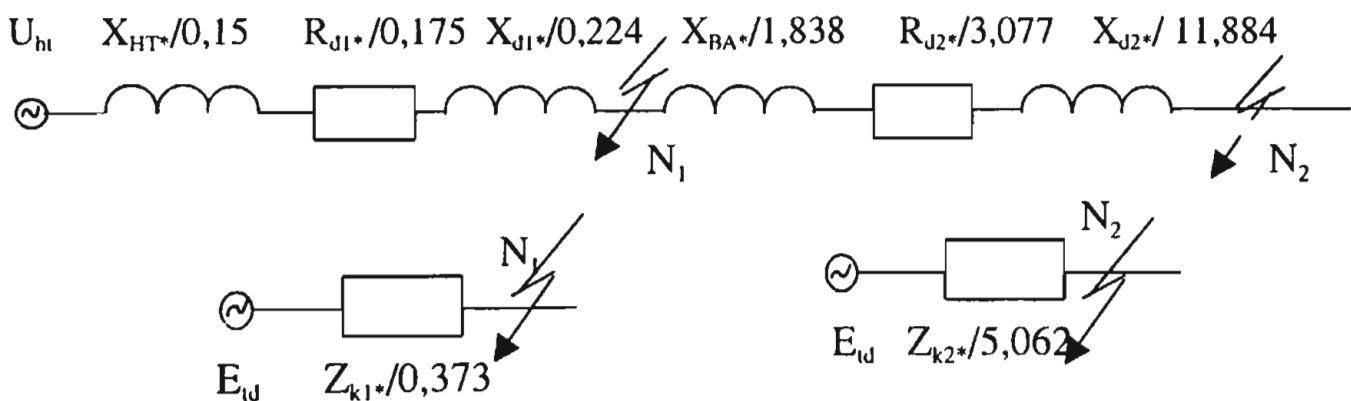
Xác định điện trở của các phần tử:

- Điện trở của hệ thống :

$$X_{ht*} = \frac{S_{cb}}{S_{kht}} = \frac{100}{950} = 0,105$$

- Điện trở đường dây:

$$R_{d1*} = r_{01} \cdot l_1 \frac{S_{cb}}{U_{d1}^2} = 0,33 \cdot 70 \cdot \frac{100}{115^2} = 0,175$$



Hình 5.1.c. Sơ đồ thay thế tính toán bài toán 5.1 trong hệ đơn vị tương đối.

$$X_{d1*} = x_{01} \cdot l_1 \frac{S_{cb}}{U_{d1}^2} = 0,423 \cdot 70 \cdot \frac{100}{115^2} = 0,224;$$

$$R_{d2*} = r_{02} \cdot l_2 \frac{S_{cb}}{U_{d2}^2} = 0,64 \cdot 5,3 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 3,077$$

$$X_{d2*} = x_{01} \cdot l_1 \frac{S_{cb}}{U_{d2}^2} = 0,392 \cdot 5,3 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 1,884$$

- Điện trở máy biến áp:

$$X_{BA*} = \frac{U_k S_{cb}}{100 S_{BA}} = \frac{10,5 \cdot 100}{100 \cdot 6,3} = 1,667$$

Điện trở ngắn mạch đến điểm N_1 :

$$Z_{k1*} = \sqrt{R_{d1}^2 + (X_{ht} + X_{d1})^2} = \sqrt{0,175^2 + (0,105 + 0,224)^2} = 0,373$$

Điện trở ngắn mạch đến điểm N_2 :

$$\begin{aligned} Z_{k2*} &= \sqrt{(R_{d1} + R_{d2})^2 + (X_{ht} + X_{d1} + X_{BA} + X_{d2})^2} = \\ &= \sqrt{(0,175 + 3,077)^2 + (0,105 + 0,224 + 1,667 + 1,884)^2} = 5,062 \end{aligned}$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N_1 ứng với cấp điện áp cơ bản:

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{I_{cb}}{Z_{k1*}} = \frac{5,5}{0,373} = 14,756 \text{ kA}$$

Giá trị dòng ngắn mạch thực tế cấp điện áp ngắn mạch

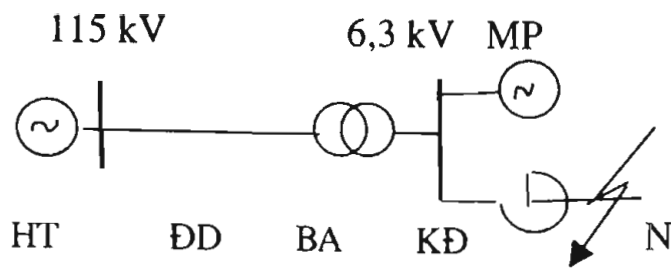
$$I_{k1}^{0(3)} = I_{k1}^{(3)} \frac{U_{cb}}{U_d} = 14,756 \cdot \frac{10,5}{115} = 1,347 \text{ kA}$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N_2 :

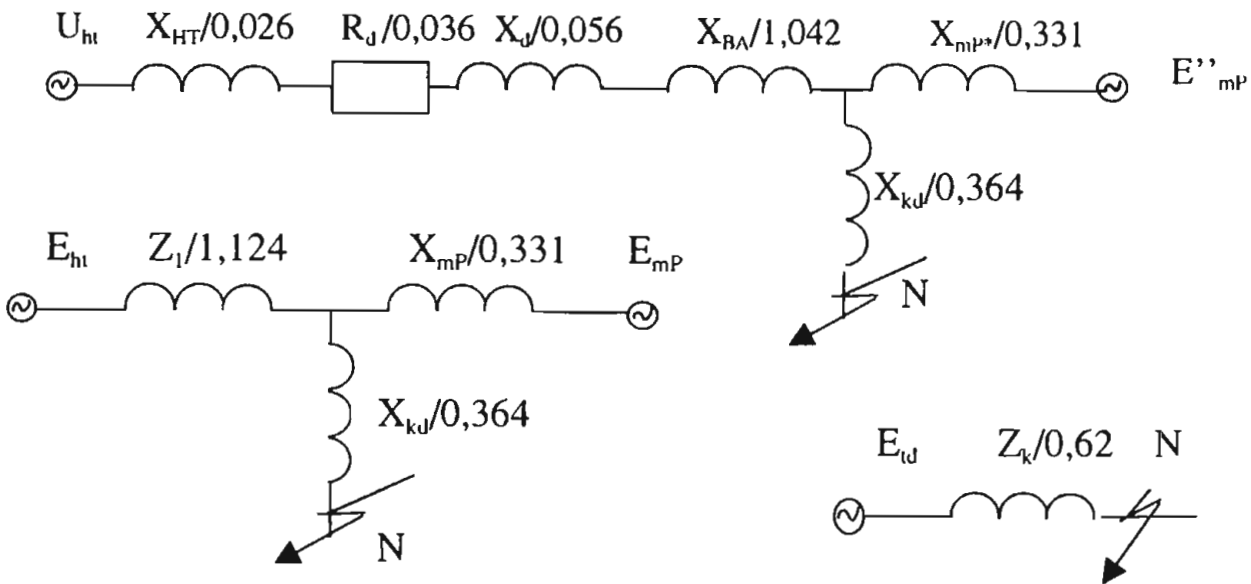
$$I_{k2}^{(3)} = \frac{I_{cb}}{Z_{k2*}} = \frac{5,5}{5,062} = 1,086 \text{ kA}$$

Nhận xét: Cả hai phương pháp đều cho kết quả như nhau, có thể nhận thấy phương pháp dùng hệ đơn vị tương đối khá thuận tiện, đặc biệt khi giải bài toán với sơ đồ phức tạp.

Bài 5.2: Hãy tính toán ngắn mạch 3 pha và 2 pha tại điểm N cho trên sơ đồ hình vẽ. Mạng điện được cung cấp từ hệ thống có công suất vô cùng lớn với công suất ngắn mạch $S_{kHT} = 1540 \text{ MVA}$, đường dây cung cấp 110 kV dài 45 km được làm bằng dây AC-120 ($r_0 = 0,27$ và $x_0 = 0,415 \Omega/\text{km}$), máy biến áp mã hiệu TMTH-4/110 có công suất 4 MVA, điện áp thứ cấp $U_{BA2} = 6,3$ điện áp ngắn mạch $U_k = 10,5\%$, cuộn kháng điện có các tham số $U_{kd} = 6,3 \text{ kV}$, $I_{kd} = 0,5 \text{ kA}$ và $x_{kd} = 0,05$; máy phát công suất $S_{mp} = 15 \text{ MVA}$, điện trở siêu quá độ $x'' = 0,125$, suất điện động $E = 6,8 \text{ kV}$, điện áp định mức $U_{mp} = 6,3 \text{ kV}$.



Hình 5.2.a. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.2



Hình 5.2.b. Sơ đồ thay thế tính toán trong hệ đơn vị có tên bài toán 5.2.

Giải: Thiết lập sơ đồ thay thế hình 5.2.b,

Bài toán sẽ được giải trong hệ đơn vị có tên: Trước hết ta chọn cấp cơ sở là 6,3kV. Vì giá trị điện trở tác dụng của máy biến áp nhỏ hơn nhiều so với điện trở phản kháng, nên để đơn giản ta có thể coi $Z_{BA} = X_{BA}$. Điện trở của các phần tử được xác định như sau:

$$X_{HT} = \frac{U_{cb}^2}{S_k} = \frac{6,3^2}{1540} = 0,026 \Omega$$

$$R_d = r_d / \frac{U_{cb}^2}{U_d^2} = 0,27.45 \left(\frac{6,3}{115} \right)^2 = 0,036$$

$$X_B = \frac{U_k U_{cb}^2}{100.S_{BA}} = \frac{10,5.6,3^2}{100.4} = 1,042$$

$$X_d = x_d / \frac{U_{cb}^2}{U_d^2} = 0,415.45 \left(\frac{6,3}{115} \right)^2 = 0,056$$

$$X_{mp} = x_d \frac{U_{cb}^2}{S_{mp}} = 0,125 \frac{6,3^2}{15} = 0,331$$

$$X_{kd} = x_{kd} \frac{U_{kd}}{\sqrt{3}I_{kd}} = 0,05 \frac{6,3}{\sqrt{3}.0,5} = 0,364$$

$$Z_{\Sigma I} = \sqrt{R_d^2 + (X_{ht} + X_d + X_B + X_{mp})^2} =$$

$$= \sqrt{0,036^2 + (0,026 + 0,056 + 1,042 + 0,331)^2} = 1,124 \Omega$$

$$g_{\Sigma I} = 1/Z_{\Sigma I} = 1/1,124 = 0,89$$

$$g_{mp} = 1/X_{mp} = 1/0,331 = 3,021$$

Suất điện động của hệ thống quy về cấp cơ sở $E_{HT} = 6,3/\sqrt{3} = 3,64 \text{ kV}$;

Suất điện động của máy phát quy về điện áp pha $E_{mp} = 6,8/\sqrt{3} = 3,93 \text{ kV}$

Suất điện động tương đương

$$E_{td} = \frac{E_{HT}g_{\Sigma I} + E_{mp}g_{mp}}{g_{\Sigma I} + g_{mp}} = \frac{3,64 \cdot 0,89 + 3,93 \cdot 3,021}{0,89 + 3,021} = 3,7 \text{ kV}$$

$$Z_{td} = 1/(g_{\Sigma I} + g_{mp}) = 1/3,911 = 0,256 \Omega$$

$$Z_k = Z_{td} + X_{kd} = 0,256 + 0,364 = 0,62 \Omega$$

$$I_k^{(3)} = E_{td}/X_k = 3,7/0,62 = 5,97 \text{ kA}$$

$$I_k^{(2)} = 0,87 I_k^{(3)} = 0,87 \cdot 5,98 = 5,2 \text{ kA}$$

$$i_{xk} = 2,55 I_k^{(3)} = 2,55 \cdot 5,98 = 15,22 \text{ kA}$$

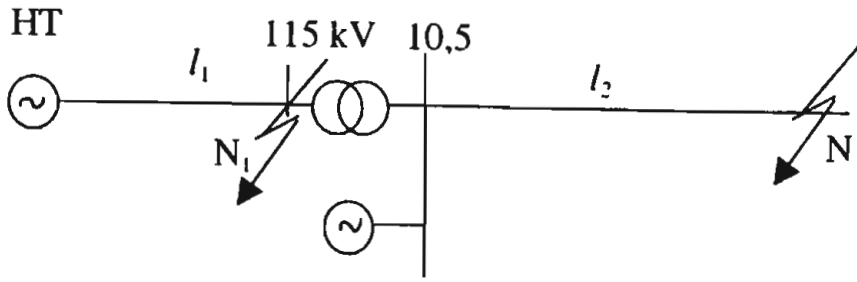
$$I_{xk} = q_{xk} \cdot I_k^{(3)} = 1,52 \cdot 5,98 = 9,1 \text{ kA};$$

$$S_k = \sqrt{3} I_k^{(3)} U = \sqrt{3} \cdot 5,98 \cdot 6,3 = 65,24 \text{ MVA.}$$

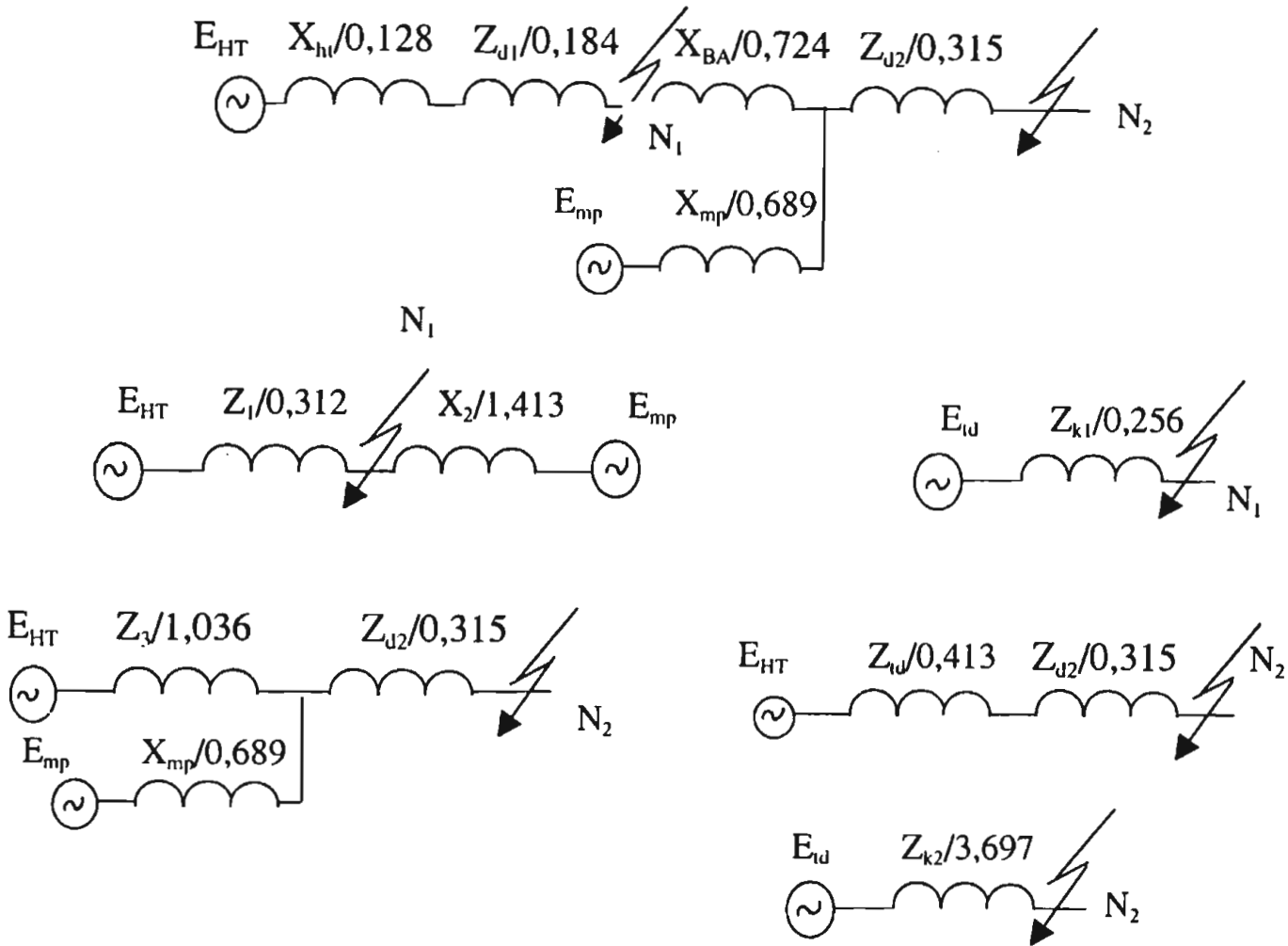
Bài 5.3. Hãy tính toán ngắn mạch ba pha tại điểm N1 và N2 trong mạng điện cho trên sơ đồ (hình 5.3.a).

Các tham số của các phần tử được cho trong bảng sau

Phần tử	Các tham số				
HT		$U = 115 \text{ kV}$	$S_k = 860 \text{ MVA}$		
BA	TMTH-16/110	$115/10,5 \text{ kV}$	$S_{BA} = 16 \text{ MVA}$	$U_k = 10,5\%$	
MP		$E_{mp} = 11 \text{ kV}$	$S_{mp} = 20 \text{ MVA}$	$x''_d = 0,125$	$U_{nmp} = 10,5 \text{ kV}$
ĐD 1	AC-120	$U = 115 \text{ kV}$	$l_1 = 45 \text{ km}$	$r_{01} = 0,27 \Omega/\text{km}$ m	$x_{01} = 0,41 \Omega/\text{km}$
ĐD 2	AC-70	$U_2 = 10,5 \text{ kV}$	$l_2 = 5,5 \text{ km}$	$r_{02} = 0,46 \Omega/\text{km}$ m	$x_{02} = 0,38 \Omega/\text{km}$



Hình 5.3.a. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.3.



Hình 5.3.b. Sơ đồ thay thế tính toán trong hệ đơn vị có tên bài toán 5.3.

Giải: Ta giải bài toán trong hai hệ đơn vị có tên và tương đối. Trước hết ta chọn các

tham số cơ bản $S_{cb} = 100 \text{ MVA}$, $U_{cb} = 10,5 \text{ kV}$, $I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ kA}$ Để đơn giản

hoá việc tính toán ta áp dụng phương pháp gần đúng tính giá trị điện trở của đường dây $Z_d = z_0 \cdot l$,

với $z_0 = \sqrt{r_0^2 + x_0^2}$:

Đối với dây dẫn AC-120 $z_{01} = \sqrt{0,27^2 + 0,41^2} = 0,49 \Omega/\text{km}$;

Đối với dây dẫn AC-70 $z_{02} = \sqrt{0,46^2 + 0,38^2} = 0,597 \Omega/\text{km}$.

Các tính toán được trình bày dưới dạng bảng

Ph. tử	T.số	Hệ đơn vị có tên	Hệ đơn vị tương đối
HT	X_{ht}	$= \frac{U_{cb}^2}{S_{kht}} = \frac{10,5^2}{860} = 0,128 \Omega$	$X_{ht*} = \frac{S_{cb}}{S_{kht}} = \frac{100}{860} = 0,116$
BA	X_{BA}	$\frac{U_k U_{cb}^2}{100.S_{BA}} = \frac{10,5.10,5^2}{16} = 0,724\Omega$	$X_{BA*} = \frac{U_k S_{cb}}{100S_{BA}} = \frac{10,5.100}{100.16} = 0,656$
MP	X_{mp}	$x_d'' \cdot \frac{U_{cb}^2}{S_{mp}} = 0,125 \cdot \frac{10,5^2}{20} = 0,689 \Omega$	$X_{mp*} = x_d'' \cdot \frac{S_{cb}}{S_{mp}} = 0,125 \cdot \frac{100}{20} = 0,625$
ĐD 1	Z_{d1}	$z_{01} \cdot I_1 \left(\frac{U_{cb}}{U_{d1}} \right)^2 = 0,49.45 \left(\frac{10,5}{115} \right)^2 = 0,184 \Omega$	$Z_{d1*} = z_{01} \cdot I_1 \frac{S_{cb}}{U_{d1}^2} = 0,49.45 \cdot \frac{100}{115^2} = 0,167$
ĐD 2	Z_{d2}	$x_{02} \cdot I_2 \left(\frac{U_{cb}}{U_{d2}} \right)^2 = 0,597.45 \left(\frac{10,5}{10,5} \right)^2 = 3,135 \Omega$	$Z_{d2*} = z_{02} \cdot I_2 \frac{S_{cb}}{U_{d2}^2} = 0,597.45 \frac{100}{10,5^2} = 2,978$
Tính toán ngắn mạch tại điểm N₁			
Đ.trở		$Z_1 = X_{ht} + Z_{d1} = 0,128 + 0,184 = 0,312 \Omega$ $Z_2 = X_B + X_{mp} = 0,724 + 0,689 = 1,413 \Omega$	$Z_{1*} = 0,116 + 0,167 = 0,283 \Omega$ $Z_{2*} = X_{B*} + X_{mp*} = 0,656 + 0,625 = 1,281$
Điện dẫn	g	$g_1 = \frac{1}{Z_1} = \frac{1}{0,312} = 3,2$ $g_2 = \frac{1}{Z_2} = \frac{1}{1,41} = 0,707$	$g_{1*} = \frac{1}{Z_{1*}} = \frac{1}{0,312} = 3,53$ $g_{2*} = \frac{1}{Z_{2*}} = \frac{1}{1,28} = 0,78$
Đ.trở nm	Z_{k1}	$\frac{1}{g_1 + g_2} = \frac{1}{3,2 + 0,707} = 0,256 \Omega$	$\frac{1}{g_{1*} + g_{2*}} = \frac{1}{3,52 + 0,78} = 0,232$
Sđ.d HT	E_{HT}	$\frac{U_{CB}}{\sqrt{3}} = \frac{10,5}{\sqrt{3}} = 6,062 \text{ kV}$	$E_{HT*} = 1$
Sđ.d MP	E_{mp}	$\frac{E_{mp}}{\sqrt{3}} = \frac{11}{\sqrt{3}} = 6,35 \text{ kV}$	$E_{mp*} = \frac{E_{mp}}{U_{CB}} = \frac{11}{10,5} = 1,05$
Sđ.d	E_{td}	$\frac{E_{ht} \cdot g_1 + E_{mp} \cdot g_2}{g_1 + g_2} = 6,114 \text{ kV}$	$E_{td*} = \frac{E_{ht*} \cdot g_{1*} + E_{mp*} \cdot g_{2*}}{g_{1*} + g_{2*}} = 1,01$
Dòng nm.CB	$I_{k1.CB}^{(3)}$	$\frac{E_{td}}{Z_{k1}} = \frac{6,114}{0,256} = 23,9 \text{ kA}$	$\frac{E_{td*}}{Z_{k1*}} \cdot I_{CB} = \frac{1,01}{0,232} \cdot 5,5 = 23,9 \text{ kA}$

Tính toán ngắn mạch tại điểm N_1 (tiếp theo)

Dòng nm	$I_{k1}^{(3)}$	$I_{k1}^{(3)} \frac{U_{CB}}{U_{tB}} = 23,9 \frac{10,5}{115} = 2,18 \text{ kA}$
Dòng x.kích	i_{xk1}	$\sqrt{2} \cdot k_{xk1} \cdot I_{k1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 2,18 = 5,56 \text{ kA}$
G.trị h.dụng	I_{xk1}	$q_{xk} \cdot I_{k1}^{(3)} = 1,52 \cdot 2,18 = 3,32 \text{ kA}$
C.suất nm	S_{k1}	$\sqrt{3} U \cdot I_{k1}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 115 \cdot 2,18 = 434,69 \text{ MVA}$

Tính toán ngắn mạch tại điểm N_2

	Z_3	$X_{H1} + Z_{d1} + X_B = 0,128 + 0,184 + 0,724 = 1,036 \Omega$	$Z_{3*} = 0,116 + 0,167 + 0,656 = 0,94$
Điện dẫn các nhánh	g	$g_3 = \frac{1}{Z_3} = \frac{1}{1,036} = 0,965 \text{ S}$ $g'_2 = \frac{1}{X_{mp}} = \frac{1}{0,689} = 1,45 \text{ S}$	$g_{3*} = \frac{1}{Z_{3*}} = \frac{1}{0,94} = 1,06$ $g'_{2*} = \frac{1}{X_{mp*}} = \frac{1}{0,625} = 1,6$
Đ.trở t.đương	Z_{td}	$\frac{1}{g_3 + g'_2} = \frac{1}{0,965 + 1,45} = 0,413 \Omega$	$\frac{1}{g_{3*} + g'_{2*}} = \frac{1}{1,06 + 1,6} = 0,375$
Đ.trở nm	Z_{k2}	$Z_{td} + Z_{d2} = 0,413 + 3,283 = 3,697 \Omega$	$Z_{k2*} = 0,375 + 2,978 = 3,353$
Sđ.đ t.đương	E_{td2}	$\frac{E_{H1} \cdot g_3 + E_{mp} \cdot g'_2}{g_3 + g'_2} = 6,236 \text{ kV}$	$\frac{E_{td2*}}{1,06 + 1,6} = \frac{1,1 \cdot 1,06 + 1,01 \cdot 1,6}{0,2} = 1,$
Dòng nm, kA	$I_{k2.CB}^{(3)}$	$\frac{E_{td2}}{Z_{k2}} = \frac{6,236}{3,697} = 1,687$	$\frac{E_{td2*}}{Z_{k2*}} \cdot I_{CB} = \frac{1,02}{3,353} \cdot 5,5 = 1,687$
Dòng x.kích	i_{xk2}	$\sqrt{2} \cdot k_{xk2} \cdot I_{k1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 1,687 = 4,3 \text{ kA}$	
G.trị h.dụng	I_{xk2}	$q_{xk} \cdot I_{k2}^{(3)} = 1,52 \cdot 1,687 = 2,56 \text{ kA}$	
C.suất nm	S_{k2}	$\sqrt{3} U \cdot I_{k1}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 1,687 = 30,67 \text{ MVA}$	

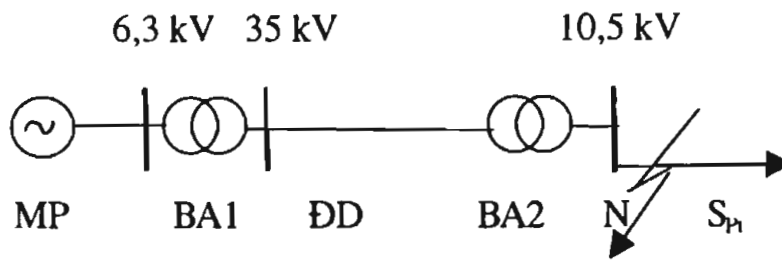
Bài 5. 4. Hãy tính toán ngắn mạch tại điểm N trên sơ đồ mạng điện như hình 5.4.a các phần tử của hệ thống có các tham số như sau:

Máy phát: công suất định mức $S_{mp} = 16$ MVA, điện trở siêu quá độ dọc trục $x''_d = 0,125$, suất điện động trong hệ đơn vị tương đối $E_* = 1,12$, điện áp định mức $U_{mp} = 6,3$ kV;

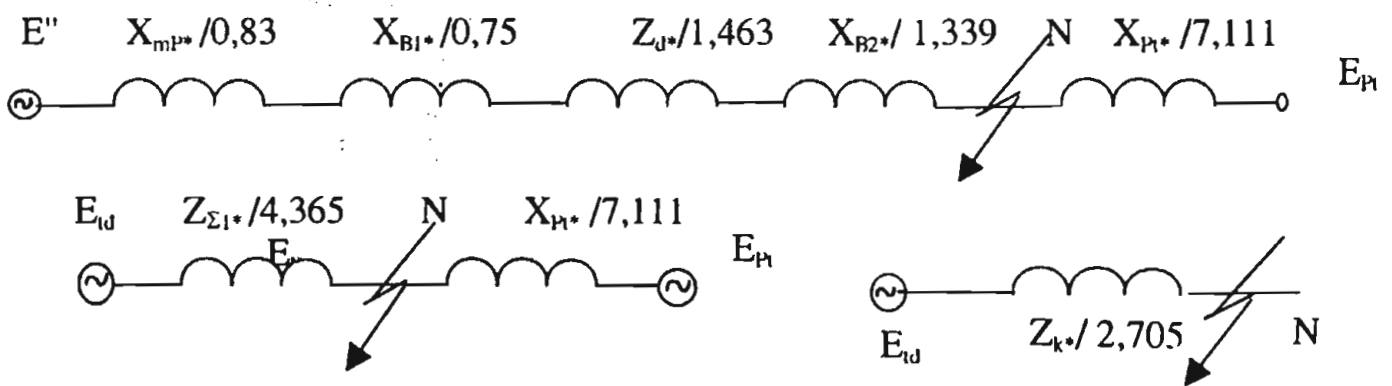
Máy tăng áp 6,3/37 kV có công suất định mức $S_{BA1} = 10$ MVA, điện áp ngắn mạch $U_{k1} = 7,5$ %, máy giảm áp 37/10,5 kV có công suất định mức $S_{BA2} = 5,6$ MVA, $U_{k2} = 7,5$ %;

Đường dây 35 kV dài 42 km làm bằng dây AC-120 có điện trở $r_0 = 0,27$ và $x_0 = 0,393 \Omega/\text{km}$;

Phụ tải mắc trên thanh cái 10,5 kV của trạm biến áp có giá trị $S_{pt} = 4,5$ MVA, $\cos\varphi = 0,8$



Hình 5.4.a. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.4.



Hình 5.4.b. Sơ đồ thay thế tính toán trong hệ đơn vị tương đối bài toán 5.4.

Giải: Trước hết cần thiết lập sơ đồ thay thế (hình 5.4.b).

Bài toán được giải trong hệ đơn vị tương đối. Ta chọn các tham số cơ bản:

$$S_{cb} = 100 \text{ MVA}, \quad U_{cb} = 10,5 \text{ kV}$$

$$I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}U_{cb}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ kA},$$

Dòng điện của phụ tải

$$I_{pt} = \frac{S_{pt}}{\sqrt{3}U} = \frac{4,5}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 0,247 \text{ kA}$$

Sdd của phụ tải

$$E_{pt*} = \sqrt{\left(\frac{U}{U_{cb}} \cos\varphi\right)^2 + \left(\frac{U}{U_{cb}} \sin\varphi - \frac{I_{pt}}{I_{cb}} x_{pt}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{10,5}{10,5} 0,8^2 + \left(0,6 - \frac{0,66}{5,5} 0,35\right)^2} = 0,991$$

Điện trở của các phần tử:

Máy phát: $X_{mp*} = x_d'' \frac{S_{cb}}{S_{mp}} = 0,13 \frac{100}{16} = 0,813$

Máy BA1: $X_{B1*} = \frac{U_k S_{cb}}{100 S_{BA1}} = \frac{7,5 \cdot 100}{100 \cdot 10} = 0,75$

Đường dây: $z_0 = \sqrt{r_0^2 + x_0^2} = \sqrt{0,27^2 + 0,393^2} = 0,477 \Omega/\text{km}$

$$Z_{dd*} = z_0 \cdot l \frac{S_{cb}}{U_d^2} = 0,477 \cdot 42 \frac{100}{37^2} = 1,463$$

Máy BA2: $X_{B2*} = \frac{U_k S_{cb}}{100 S_{BA2}} = \frac{7,5 \cdot 100}{100 \cdot 5,6} = 1,339$

Phụ tải: $X_{pt*} = x_{pt}'' \frac{S_{cb}}{S_{pt}} = 0,35 \frac{100}{4,5} = 7,111$

$$Z_{\Sigma 1*} = X_{mp*} + X_{B1*} + Z_{dd*} + X_{B2*} = 0,813 + 0,75 + 1,463 + 1,339 = 4,365$$

$$g_{\Sigma 1} = \frac{1}{Z_{\Sigma 1*}} = \frac{1}{4,365} = 0,229; \quad g_{pt} = \frac{1}{X_{pt*}} = \frac{1}{7,111} = 0,141$$

Sđt tương đương

$$E_{td*} = \frac{E_{hl*} \cdot g_{\Sigma 1} + E_{mp*} \cdot g_{pt}}{g_{\Sigma 1} + g_{pt}} = \frac{1,12 \cdot 0,229 + 0,991 \cdot 0,141}{0,229 + 0,141} = 1,071$$

$$Z_{k*} = \frac{1}{g_{\Sigma 1} + g_{pt}} = \frac{1}{0,229 + 0,141} = 2,705;$$

Giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha trong hệ đơn vị cơ bản

$$I_{k*}^{(3)} = \frac{E_{td*}}{Z_{k*}} = \frac{1,071}{2,705} = 0,396;$$

Giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha trong hệ đơn vị có tên

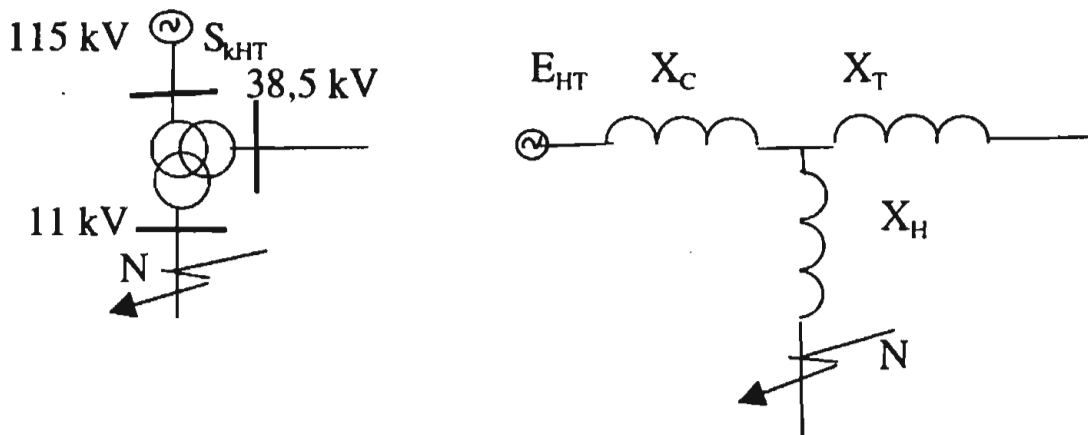
$$I_k^{(3)} = I_k^{(3)} I_{cb} = 0,396.5,5 = 2,178 \text{ kA}$$

$$i_{xk} = k_{xk} \sqrt{2} \cdot I_k^{(3)} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 2,178 = 5,543 \text{ kA}$$

$$I_{xk} = I_k^{(3)} \sqrt{1+2(k_{xk}-1)^2} = 2,178 \sqrt{1+2(1,8-1)^2} = 3,31 \text{ kA}$$

$$S_k = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_k^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 2,178 = 39,603 \text{ MVA}$$

Bài 5.5. Tính toán ngắn mạch tại điểm N trên thanh cái phía 10,5 kV của máy biến áp 3 pha 3 cuộn dây cho trên sơ đồ. Công suất định mức của máy biến áp $S_{nBA} = 40 \text{ MVA}$, $U_{kCH} = 17,5 \%$; $U_{kCT} = 10,5 \%$; $U_{kTH} = 6,5 \%$; Công suất ngắn mạch của hệ thống $S_{kHT} = 1250 \text{ MVA}$.



Hình 5.5.a. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.5.



Hình 5.5.b. Sơ đồ thay thế tính toán bài 5.5.

Giải: Trước hết ta thiết lập sơ đồ thay thế như trên hình 5.5.b; xác định điện áp ngắn mạch của các cuộn dây

$$U_{kc} = 0,5(U_{kCH} + U_{kCT} - U_{kTH}) = 0,5(17,5 + 10,5 - 6,5) = 10,75\%$$

$$U_{kT} = 0,5(U_{kTH} + U_{kCT} - U_{kCH}) = 0,5(6,5 + 10,5 - 17,5) = -0,25\%$$

$$U_{kH} = 0,5(U_{kCH} + U_{kTH} - U_{kCT}) = 0,5(17,5 + 6,5 - 10,5) = 6,75\%$$

Trước hết ta chọn các đại lượng cơ bản

$$S_{cb} = 40 \text{ MVA}, U_{cb} = 11 \text{ kV}, I_{cb} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 11} = 2,1 \text{ kA}$$

Ta giải bài toán trong cả hai hệ đơn vị có tên và tương đối. Các giá trị điện trở được biểu thị trong bảng VD.5.5.

Bảng VD.5.5. Số liệu tính toán bài 5.5. trong 2 hệ đơn vị

Phần tử	Hệ đơn vị có tên	Hệ đơn vị tương đối
X_{IT}	$11^2/1250 = 0,097 \Omega$	$X_{IT*} = S_{cb}/S_k = 40/12500 = 0,032$
X_C	$0,0107 \cdot 11^2/40 = 0,325 \Omega$	$X_{C*} = U_{kc} = 0,1075$
X_{II}	$0,0675 \cdot 11^2/40 = 0,204 \Omega$	$X_{II*} = U_{kII} = 0,0675$
$X_{\Sigma k}$	$0,097 + 0,325 + 0,204 = 0,626 \Omega$	$0,032 + 0,1075 + 0,0675 = 0,207$
$I_k^{(3)}$	$11/(1,732 \cdot 0,626) = 10,142 \text{ kA}$	$I_{cb}/X_{\Sigma k} = 2,1/0,207 = 10,142 \text{ kA}$
i_{xk}	$2,55 \cdot 10,142 = 25,82 \text{ kA}$	
I_{xk}	$1,51 \cdot 10,142 = 15,42 \text{ kA}$	
S_k	$\sqrt{3} \cdot 11 \cdot 10,142 = 193,24 \text{ MVA}$	

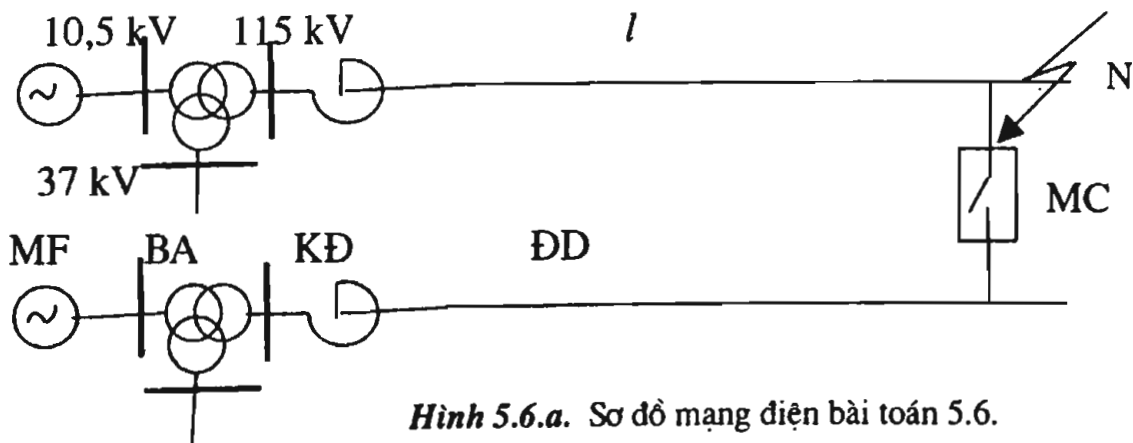
Bài 5.6. Một mạng điện gồm hai mạch giống nhau làm việc song song bởi máy cắt MC; các tham số của các phần tử:

Máy phát có công suất định mức $S_{mp} = 20 \text{ MVA}$; điện trở siêu quá độ dọc trục $x''_d = 0,125$; điện áp định mức $U_{mp} = 10,5 \text{ kV}$; suất điện động trong hệ đơn vị tương đối $E_{mp*} = 1$. Máy biến áp: $S_{nBA} = 10 \text{ MVA}$; $U_{kCT} = 10,5 \%$; $U_{kCH} = 17 \%$; $U_{kTH} = 6 \%$.

Kháng điện: Dòng điện định mức $I_{kd} = 1,2 \text{ kA}$; $U_{kd} = 115 \text{ kV}$ và $x_{kd} = 0,1$. Đường dây dài 35 km có $x_0 = 0,415 \Omega/\text{km}$.

Hãy xác định dòng điện ngắn mạch 3 pha trong hai trường hợp:

a, khi máy cắt MC mở; b, khi máy cắt MC đóng



Hình 5.6.a. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.6.

Giải: Bài toán sẽ được giải trong hệ đơn vị có tên, với cấp điện áp cơ bản là $U_{cb}=115kV$. Trước hết ta xác định điện áp ngắn mạch của các cuộn dây máy biến áp :

$$U_{kc} = 0,5(U_{kCH}+U_{kCT}-U_{kTH}) = 0,5(17 + 10,5 - 6) = 10,75\%$$

$$U_{kT} = 0,5(U_{kTH}+U_{kCT}-U_{kCH}) = 0,5(6 + 10,5 - 17) = -0,25 \%$$

$$U_{kH} = 0,5(U_{kCH}+U_{kTH}-U_{kCT}) = 0,5(17+6-10,5) = 6,25 \%$$

Xác định điện trở của các phần tử, chọn cấp điện áp cơ bản là 115 kV, do hai mạch giống nhau nên chỉ cần tính cho một mạch:

$$X_{mP} = x_{\dot{U}} \frac{U_{cb}^2}{S_{mP}} = 0,125 \frac{115^2}{20} = 82,66 \Omega$$

$$X_{BH} = \frac{U_{kH} U_{cb}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{6,25.115^2}{100.40} = 82,66 \Omega$$

$$X_{BC} = \frac{U_{kc} U_{cb}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{10,75.115^2}{100.40} = 142,169 \Omega$$

X_{BT} không tham gia vào quá trình ngắn mạch nên không cần tính

$$X_{kd} = x_{kd} \frac{U_{nkd}}{\sqrt{3}I_{nkd}} = 0,1 \frac{115}{\sqrt{3}.1,2} = 5,53 \Omega$$

$$X_{\dot{U}} = x_{\dot{U}} / \left(\frac{U_{cb}}{U}\right)^2 = 0,415.350 \left(\frac{115}{115}\right)^2 = 14,53 \Omega$$

a) Khi máy cắt MC mở thì dòng ngắn mạch chỉ chạy trên một mạch

Điện trở tổng

$$X_{\Sigma k} = X_{mP} + X_{BH} + X_{BC} + X_{kd} + Z_{\dot{U}} = 82,66 + 142,169 + 82,66 + 5,53 + 14,53 = 327,54 \Omega$$

Vậy dòng ngắn mạch 3 pha bằng

$$I_k^{(3)} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}.X_{\Sigma k}} = \frac{115}{\sqrt{3}.327,54} = 0,203 \text{ kA}$$

$$i_{xk} = k_{xk} \sqrt{2} \cdot I_k^{(3)} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,23 = 0,516 \text{ kA}$$

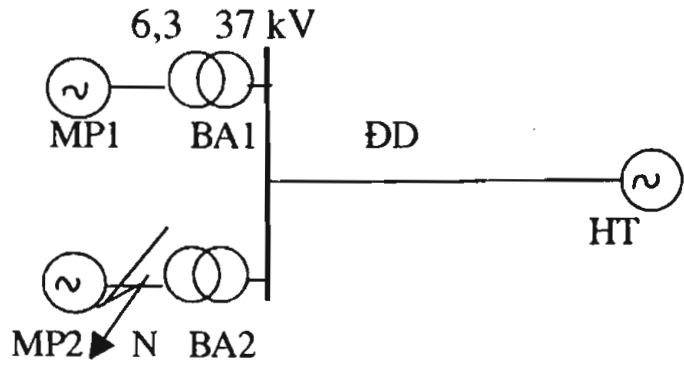
$$I_{xk} = I_k^{(3)} \sqrt{1 + 2(k_{xk} - 1)^2} = 0,203 \sqrt{1 + 2(1,8 - 1)^2} = 0,308 \text{ kA}$$

$$S_k = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_k^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 115 \cdot 0,203 = 40,38 \text{ MVA}$$

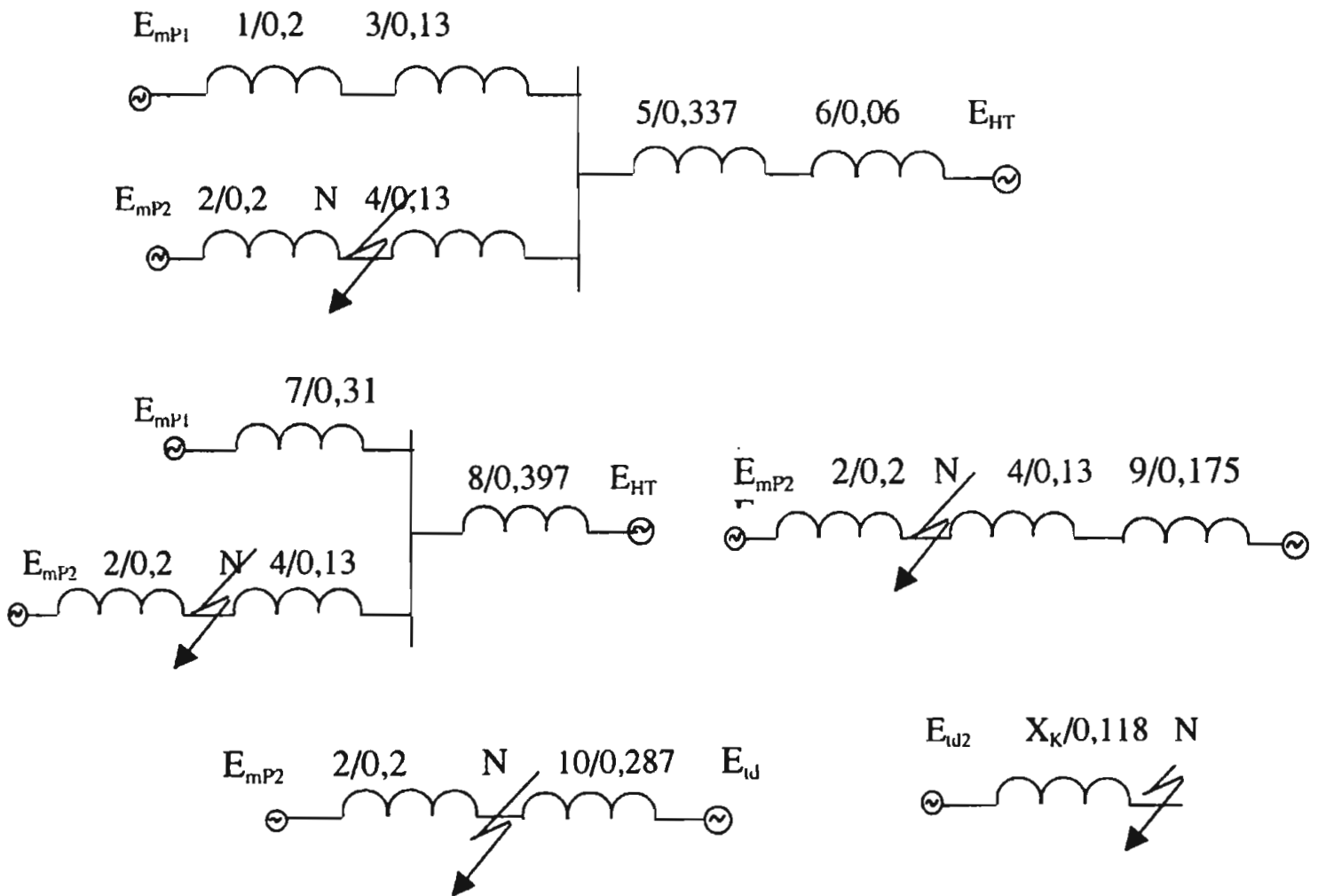
b) Khi máy cắt MC đóng thì dòng ngắn mạch chạy trên hai nhánh song song do đó điện trở ngắn mạch tổng sẽ giảm đi hai lần và dòng ngắn mạch tăng lên từng ấy lần:

$$I_k^{(3)} = 0,203 \cdot 2 = 0,406 \text{ kA}$$

Bài 5.7. Tính toán ngắn mạch 3 pha tại điểm N cho trên sơ đồ như hình 5.7.a. Biết các tham số: Hệ thống có công suất ngắn mạch $S_k = 250 \text{ MVA}$; Máy biến áp 1 và 2 có công suất như nhau: $S_{nBa} = 10 \text{ MVA}$; $U_k = 7,5 \%$, các máy phát 1 và 2 có các tham số $S_{mp} = 15 \text{ MVA}$, $x''_d = 0,20$, $U_{nMP} = 6,3 \text{ kV}$, sdd $E'' = 6,6 \text{ kV}$, Đường dây 35 kV dài 75 km làm bằng dây AC-95 có và $x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$.



Hình 5.7.a. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.7.



Hình 5.7.b. Sơ đồ thay thế tính toán trong hệ đơn vị tương đối bài toán 5.7.

Giải: Trước hết ta thiết lập sơ đồ thay thế tính toán, bài toán sẽ được giải trong hệ đơn vị tương đối

Chọn các tham số cơ bản:

$$S_{ch} = 15 \text{ MVA}; U_{CB} = 6,3 \text{ kV}, I_{CB} = \frac{S_{CB}}{\sqrt{3} \cdot U_{CB}} = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 1,375 \text{ kA}$$

Điện trở của các phần tử:

$$\text{Máy phát: } X_{mp*} = X_1 = X_2 = x_d \frac{S_{ch}}{S_{mp}} = 0,2 \frac{15}{15} = 0,2$$

$$g_2 = 1/X_2 = 1/0,2 = 5$$

$$\text{Máy BA: } X_{BA*} = X_3 = X_4 = \frac{U_k U_{ch}^2}{100 \cdot S_{BA}} = \frac{7,5 \cdot 15}{100 \cdot 10} = 0,113$$

$$\text{Đường dây: } X_{d*} = X_5 = x_0 \cdot l \frac{S_{ch}}{U_d^2} = 0,41 \cdot 75 \frac{15}{37^2} = 0,337$$

$$\text{Hệ thống } X_{HT*} = X_6 = \frac{S_{ch}}{S_K} = 0,06$$

$$\text{Biến đổi sơ đồ: } X_7 = X_1 + X_3 = 0,2 + 0,113 = 0,313$$

$$g_7 = 1/X_7 = 1/0,313 = 3,2$$

$$X_8 = X_5 + X_6 = 0,337 + 0,06 = 0,397$$

$$g_8 = 1/X_8 = 1/0,397 = 2,52$$

Sđđ của máy phát

$$E_{mp*} = \frac{E_{mp}}{U_{ch}} = \frac{6,6}{6,3} = 1,05$$

Sđđ của hệ thống

$$E_{HT*} = \frac{U_{HT}}{U_{ch}} \frac{1}{k_{BA}} = \frac{37}{6,3} \cdot \frac{6,3}{37} = 1$$

Sđđ tương đương

$$E_{td1} = \frac{E_{mp*} \cdot g_7 + E_{HT*} \cdot g_8}{g_7 + g_8} = \frac{1,05 \cdot 3,2 + 1 \cdot 2,52}{3,2 + 2,52} = 1,027$$

$$X_9 = X_7 // X_8 = 1/(g_7 + g_8) = 1/(3,2 + 2,52) = 0,175$$

$$X_{10} = X_4 + X_9 = 0,113 + 0,175 = 0,287; \quad g_{10} = 1/X_{10} = 1/0,287 = 3,48$$

$$E_{td2} = \frac{E_{mp*} \cdot g_2 + E_{td1} \cdot g_{10}}{g_2 + g_{10}} = \frac{1,05 \cdot 5 + 1,027 \cdot 3,48}{5 + 3,48} = 1,039$$

$$X_k = \frac{1}{g_2 + g_{10}} = \frac{1}{5 + 3,48} = 0,118;$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha:

$$I_k = I_k^{(3)} = \frac{E_{td2}}{X_k} \cdot I_{cb} = \frac{1,039}{0,118} \cdot 1,375 = 12,112 \text{ kA}$$

Dòng xung kích:

$$i_{xk} = 2,55 \cdot I_k^{(3)} = 2,55 \cdot 12,112 = 30,885 \text{ kA}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích:

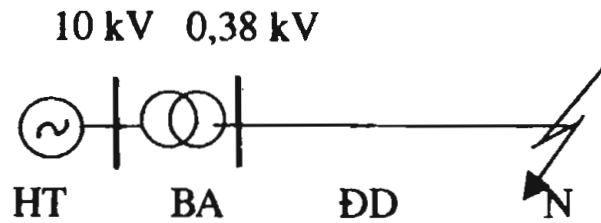
$$I_{xk} = 1,52 \cdot I_k^{(3)} = 1,52 \cdot 12,112 = 18,41 \text{ kA}$$

Công suất ngắn mạch tại điểm N:

$$S_k = \sqrt{3} \cdot I_k^{(3)} \cdot U = \sqrt{3} \cdot 12,112 \cdot 6,3 = 132,16 \text{ MVA}$$

Bài 5. 8: Tính toán ngắn mạch

trong mạng điện hạ áp tại điểm N cho trên sơ đồ như hình vẽ. Biết các tham số: Hệ thống có công suất ngắn mạch $S_k = 342 \text{ MVA}$; Máy biến áp: $S_{nBA} = 180 \text{ kVA}$; $U_k = 5,5 \%$, $\Delta P_k = 4,1 \text{ kW}$.

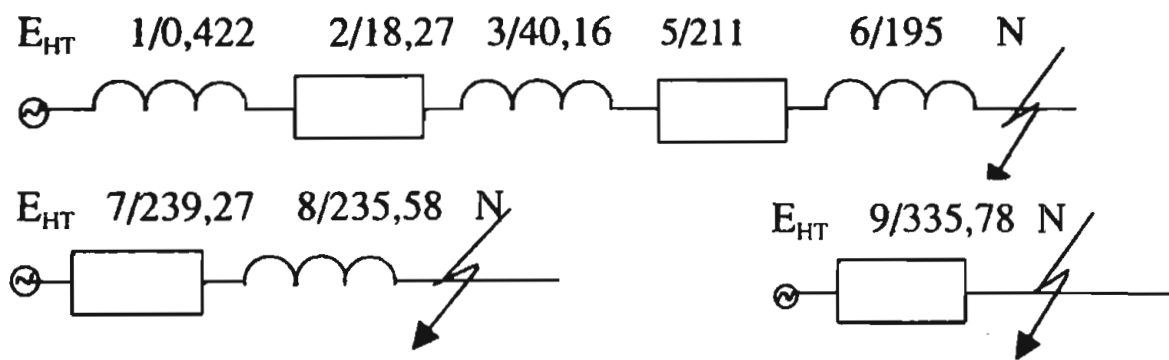


Hình 5.8.a. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.8.

Đường dây bằng cáp hạ áp dài

$l = 0,65 \text{ km}$; $r_0 = 0,34$; $x_0 = 0,30 \Omega / \text{km}$;

Bỏ qua điện trở của các thiết bị phụ.



Hình 5.8.b. Sơ đồ thay thế tính toán trong hệ đơn vị có tên bài toán 5.8.

Giải: Thiết lập sơ đồ thay thế tính toán:

Xác định điện trở của các phần tử, tính trong hệ đơn vị có tên chọn $U_{cb} = 0,38 \text{ kV}$:

$$X_1 = X_{HT} = \frac{U_{cb}^2}{S_k} = \frac{0,38^2}{342} = 0,422 \cdot 10^{-3} \Omega = 0,422 \text{ m}\Omega$$

$$Z_B = \frac{U_k U_{cb}^2}{100 \cdot S_{BA}} = \frac{5,5 \cdot 0,38^2}{100 \cdot 0,18} = 44,12 \cdot 10^{-3} \Omega = 44,12 \text{ m}\Omega$$

$$R_2 = R_B = \frac{\Delta P_k U_{cb}^2}{S_{BA}^2} = \frac{4,1 \cdot 0,38^2}{180^2 \cdot 10^{-3}} = 18,27 \cdot 10^{-3} \Omega = 18,27 \text{ m}\Omega$$

$$X_3 = X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = 10^{-3} \sqrt{44,12^2 - 18,27^2} = 40,16 \cdot 10^{-3} \Omega = 40,16 \text{ m}\Omega$$

$$R_5 = R_d = r_0 l = 0,34 \cdot 0,65 = 211 \cdot 10^{-3} \Omega = 211 \text{ m}\Omega$$

$$X_6 = X_d = x_0 l = 0,30 \cdot 0,65 = 195 \cdot 10^{-3} \Omega = 195 \text{ m}\Omega$$

Xác định dòng ngắn mạch 3 pha:

$$R_7 = R_{\Sigma 1} = R_B + R_d = 18,27 + 211 = 239,27 \text{ m}\Omega$$

$$X_8 = X_{\Sigma 1} = X_{HT} + X_B + X_d = 0,42 + 40,16 + 195 = 235,58 \text{ m}\Omega$$

$$Z_9 = Z_{\Sigma 1} = \sqrt{239,27^2 + 235,58^2} = 335,78 \text{ m}\Omega;$$

$$\text{Dòng điện ngắn mạch 3 pha } I_k^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 335,78} = 0,653 \text{ kA.}$$

$$\text{Dòng xung kích: } i_{xk} = k_{xk} \sqrt{2} I_k^{(3)} = 1,2 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,653 = 1,109 \text{ kA}$$

$$\text{Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích } I_{xk} = 1,09 \cdot 0,653 = 0,712 \text{ kA}$$

$$\text{Công suất ngắn mạch } S_k = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,653 = 430 \text{ kVA}$$

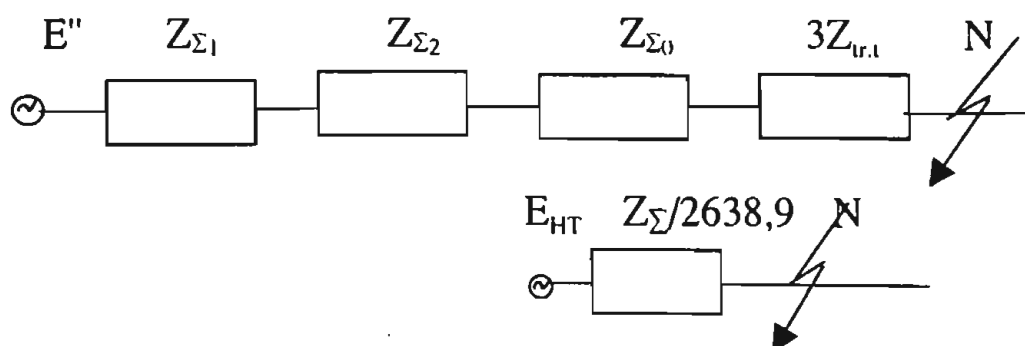
Tính toán dòng ngắn mạch một pha:

Thành phần điện trở thứ tự nghịch lấy bằng điện trở thứ tự thuận, thành phần tác dụng của điện trở thứ tự không bằng điện trở tác dụng thứ tự thuận. Điện trở phản kháng thứ tự không:

$$\text{- Máy biến áp: } X_{0B} = 1 \frac{U_{cb}^2}{S_{BA}} = \frac{0,38^2}{0,18} = 802,22 \cdot 10^{-3} \Omega = 802,22 \text{ m}\Omega,$$

$$\text{Đường dây: } X_{0d} = 2X_1.$$

Điện trở dây trung tính lấy bằng điện trở dây pha, như vậy $X_{1r,1} = 3X_d$



Tổng trở ngắn mạch một pha được xác định như sau:

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{(3R_B + 6R_c)^2 + (3X_{HT} + 2X_B + X_{0B} + 7X_C)^2}$$

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{(3.18,27 + 6.210)^2 + (3.0,42 + 2.40,16 + 802,22 + 7.195)^2} = 2638,9 \text{ m}\Omega$$

Dòng ngắn mạch một pha

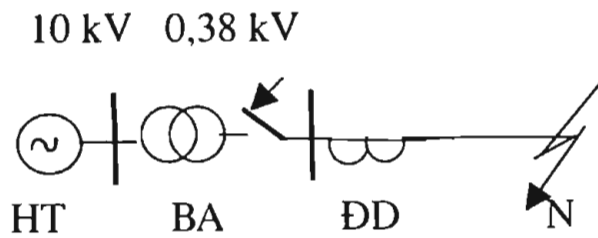
$$I_k^{(1)} = \frac{3.0,95.380}{\sqrt{3}.2,639} = 236,94 \text{ A.}$$

Bài 5. 9. Tính toán ngắn mạch một pha trong mạng điện hạ áp tại điểm N cho trên sơ đồ như hình 5.9.a. Biết các tham số:

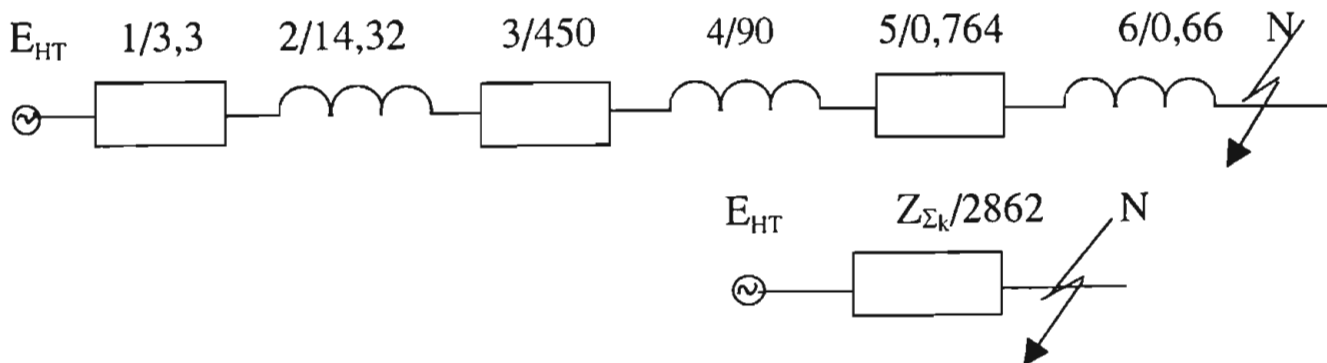
- Hệ thống có công suất vô cùng lớn nên có thể bỏ qua điện
- Máy biến áp TM 560/10:

$$S_{nBa} = 560 \text{ kVA } \Delta P_k = 7,2 \text{ kW } ; U_k = 5,7 \%,$$

Đường dây A25 dài $l = 250 \text{ m}$; $r_0 = 1,8 \text{ }\Omega/\text{km}$; $x_0 = 0,368 \text{ }\Omega/\text{km}$.



Hình 5.9.a. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.9.



Hình 5.9.b. Sơ đồ thay thế tính toán trong hệ đơn vị có tên bài toán 5.9.

Có xét đến điện trở của các thiết bị phụ:

Thanh cái bằng đồng kích thước 30x4 mm dài 1,7 m; aptomat tổng loại A3134 có dòng định mức 600 A; máy biến dòng loại TKφ 400/5

Giải: Thiết lập sơ đồ thay thế tính toán hình 5.9.b, xác định điện trở của các phần tử, tính trong hệ đơn vị có tên, chọn $U_{cb} = 0,38 \text{ kV}$:

Tra bảng 15.pl÷18.pl [1], xác định điện trở tiếp xúc, điện trở của cuộn dây aptomat:

$$r_{ix} = 0,25 \text{ m}\Omega ; r_{AP} = 0,12 \text{ m}\Omega \quad x_{AP} = 0,094 \text{ m}\Omega$$

Thanh cái: $r_{TC} = 0,167 \text{ m}\Omega ; x_{TC} = 0,233 \text{ m}\Omega$

Điện trở máy biến áp:

$$Z_B = \frac{U_k U_{cb}^2}{100.S_{BA}} = \frac{5,7.0,38^2}{100.0,56} = 14,7.10^{-3} \Omega = 14,7 \text{ m}\Omega$$

$$R_f = R_B = \frac{\Delta P_k U_{cb}^2}{S_{BA}^2} = \frac{7,2.0,38^2}{560^2.10^{-3}} = 3,3.10^{-3} \Omega = 3,3 \text{ m}\Omega$$

$$X_2 = X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = 10^{-3} \sqrt{14,7^2 - 3,3^2} = 14,32.10^{-3} \Omega = 14,32 \text{ m}\Omega$$

Đường dây: $R_3 = R_d = r_0 l = 1,8.0,25.10^3 = 450 \text{ m}\Omega$

$$X_4 = X_d = x_0 l = 0,363.0,25.10^3 = 90 \text{ m}\Omega;$$

Tổng điện trở phụ gồm thanh cái, aptomat và máy biến dòng

$$R_5 = R_f = 0,12 + 0,25 + 0,11 + 1,7.0,0167 = 0,764 \text{ m}\Omega;$$

$$X_6 = X_f = 0,094 + 0,17 + 1,7.0,233 = 0,66 \text{ m}\Omega;$$

Điện trở dây trung tính lấy bằng điện trở dây pha;

Điện trở thứ tự không:

của dây dẫn:

$$X_{0d} = 2 X_{dd} = 2.90 = 180 \text{ m}\Omega;$$

máy biến áp:

$$X_{0B} = 1 \frac{U_{cb}^2}{S_{BA}} = \frac{0,38^2}{0,56} = 257,86.10^{-3} \Omega = 257,86 \text{ m}\Omega,$$

Tổng trở ngắn mạch một pha được xác định như sau:

$$Z_\Sigma = \sqrt{(3R_B + 6R_{dd} + R_f)^2 + (2X_B + X_{0B} + 7X_{dd} + X_f)^2}$$

$$Z_{\Sigma 1} = \sqrt{(3.3,3 + 6.450 + 0,764)^2 + (2.14,32 + 257,86 + 7.90 + 0,66)^2} = 2862 \text{ m}\Omega$$

Hay $Z_\Sigma = 2,862 \Omega ;$

Dòng ngắn mạch một pha

$$I_k^{(1)} = \frac{3.0,95.380}{\sqrt{3}.2.862} = 218,48 \text{ A.}$$

Bài 5. 10. Tính toán ngắn mạch 3 pha tại các điểm N_1 và N_2 trên sơ đồ hệ thống điện như hình vẽ, các tham số của các phần tử :

P.tử	Các tham số			
NMĐ1	$S_{mp}=2 \times 60 \text{ MVA}$	$U_n=6,3 \text{ kV}$	$E_* = 1$	$x''_d 0,125$
NMĐ2	$S_{mp}=2 \times 200 \text{ MVA}$	$U_n=6,3 \text{ kV}$	$E_* = 1$	$x''_d 0,13$
TBA1	$S_{BA}=1 \times 63 \text{ MVA}$	6,3/115kV		$U_k = 10,5\%$
TBA2	$S_{BA}=2 \times 125 \text{ MVA}$	6,3/115kV		$U_k = 10,5\%$
TBA3	$S_{BA}=1 \times 10 \text{ MVA}$	115/10,5kV		$U_k = 10,5\%$
ĐD 1	$l_1 = 86 \text{ km}$	$U = 115 \text{ kV}$		$x_0 0,4 \Omega/\text{km}$
ĐD 2	$l_2 = 48 \text{ km}$	$U = 115 \text{ kV}$		$x_0=0,4 \Omega/\text{km}$
KĐ	$I_{kd} = 1 \text{ kA}$	$U_{kd} = 6,3 \text{ kV}$		$x_{kd} = 0,08$

Giải: Trước hết ta chọn các đại lượng cơ bản:

$$S_{cb} = 100 \text{ MVA}; U_{CB} = 115 \text{ kV}; I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}.U_{cb}} = \frac{100}{\sqrt{3}.115} = 0,502 \text{ kA}$$

Thiết lập sơ đồ thay thế tính toán, bài toán sẽ được giải trong hệ đơn vị tương đối.

Xác định điện trở của các phần tử:

Máy phát nhà máy điện 1

$$X_{mPl*} = X_1 = X_2 = x''_d \frac{S_{cb}}{S_{mPl}} = 0,125 \cdot \frac{100}{60} = 0,208$$

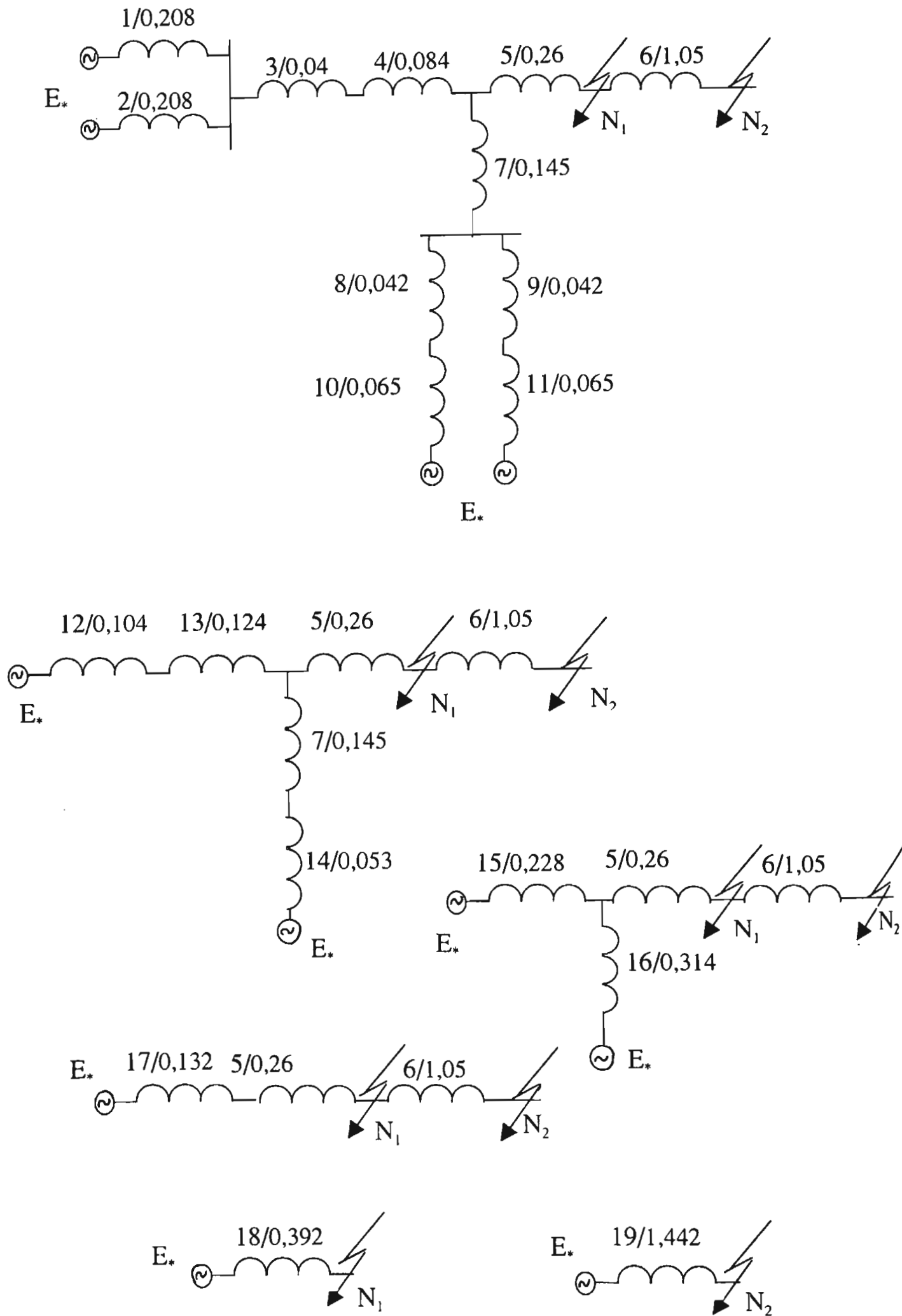
Cuộn kháng điện

$$X_{kd*} = X_3 = x_{kd} \frac{I_{cb}}{I_{kd}} = 0,08 \cdot \frac{0,502}{1} = 0,04$$

Máy biến áp 1

$$X_{ba1*} = X_4 = \frac{U_{k1} S_{cb}}{100.S_{ba1}} = \frac{10,5.100}{100.125} = 0,084$$

Đường dây 1



Hình 5.10.b. Sơ đồ thay thế tính toán trong hệ đơn vị tương đối bài toán 5.10.

$$X_{d1^*} = X_5 = x_0 \cdot l_1 \frac{S_{cb}}{U_{d1}^2} = 0,4 \cdot 86 \cdot \frac{100}{115^2} = 0,26$$

Máy biến áp 3

$$X_{ba3^*} = X_6 = \frac{U_{k3} S_{cb}}{100 \cdot S_{ba3}} = \frac{10,5 \cdot 100}{100 \cdot 10} = 1,05$$

Đường dây 2

$$X_{d2^*} = X_7 = x_0 \cdot l_2 \frac{S_{cb}}{U_{d2}^2} = 0,4 \cdot 48 \cdot \frac{100}{115^2} = 0,145$$

Máy biến áp 2

$$X_{ba2^*} = X_8 = X_9 = \frac{U_{k3} S_{cb}}{100 \cdot S_{ba3}} = \frac{10,5 \cdot 100}{100 \cdot 250} = 0,042$$

Máy phát nhà máy điện 2

$$X_{mp2^*} = X_{10} = X_{11} = x''_{d2} \frac{S_{cb}}{S_{mp2}} = 0,13 \cdot \frac{100}{200} = 0,065$$

Biến đổi sơ đồ

$$X_{12} = X_1/2 = 0,104$$

$$X_{13} = X_3 + X_4 = 0,04 + 0,084 = 0,124$$

$$X_{14} = (X_8 + X_{10})/2 = (0,042 + 0,065)/2 = 0,0535$$

$$X_{15} = X_{12} + X_{13} = 0,104 + 0,124 = 0,228$$

$$X_{16} = X_7 + X_{14} = 0,145 + 0,0535 = 0,314$$

$$X_{17} = \frac{X_{15} \cdot X_{16}}{X_{15} + X_{16}} = \frac{0,228 \cdot 0,314}{0,228 + 0,314} = 0,132$$

$$X_{18} = X_{k1} = X_{17} + X_5 = 0,132 + 0,26 = 0,392$$

$$X_{19} = X_{k2} = X_{18} + X_6 = 0,392 + 1,05 = 1,442$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N_1

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{I_{cb}}{X_{18}} = \frac{0,502}{0,392} = 1,28 \text{ kA}$$

Dòng xung kích

$$i_{xk1} = k_{xk1} \cdot \sqrt{2} \cdot I_k^{(3)} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,28 = 3,258 \text{ kA}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích

$$I_{xk} = q_{xk1} \cdot I_{k1}^{(3)} = 1,52 \cdot 1,28 = 1,95 \text{ kA}$$

Công suất ngắn mạch

$$S_{k1} = \sqrt{3} \cdot I_{k1}^{(3)} \cdot U = \sqrt{3} \cdot 1,28 \cdot 115 = 254,94 \text{ MVA};$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N₂

$$I_{k2}^{(3)} = \frac{I_{cb} \cdot U_{cb}}{X_{19} \cdot U_{tb}} = \frac{0,502 \cdot 115}{1,442 \cdot 10,5} = 3,81 \text{ kA}$$

Dòng xung kích

$$i_{xk2} = k_{xk2} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2}^{(3)} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,81 = 9,7 \text{ kA}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích

$$I_{xk2} = q_{xk2} \cdot I_{k2}^{(3)} = 1,52 \cdot 3,81 = 5,8 \text{ kA}$$

Công suất ngắn mạch

$$S_{k2} = \sqrt{3} \cdot I_{k2}^{(3)} \cdot U = \sqrt{3} \cdot 3,81 \cdot 10,5 = 66,336 \text{ MVA}$$

Kết quả tính toán được tổng hợp trong bảng sau

Điểm nm	$I_k^{(3)}$, kA	i_{xk} , kA	I_{xk} , kA	S_k , MVA
N ₁	1,28	3,258	1,95	254,94
N ₂	3,81	9,7	5,8	66,336

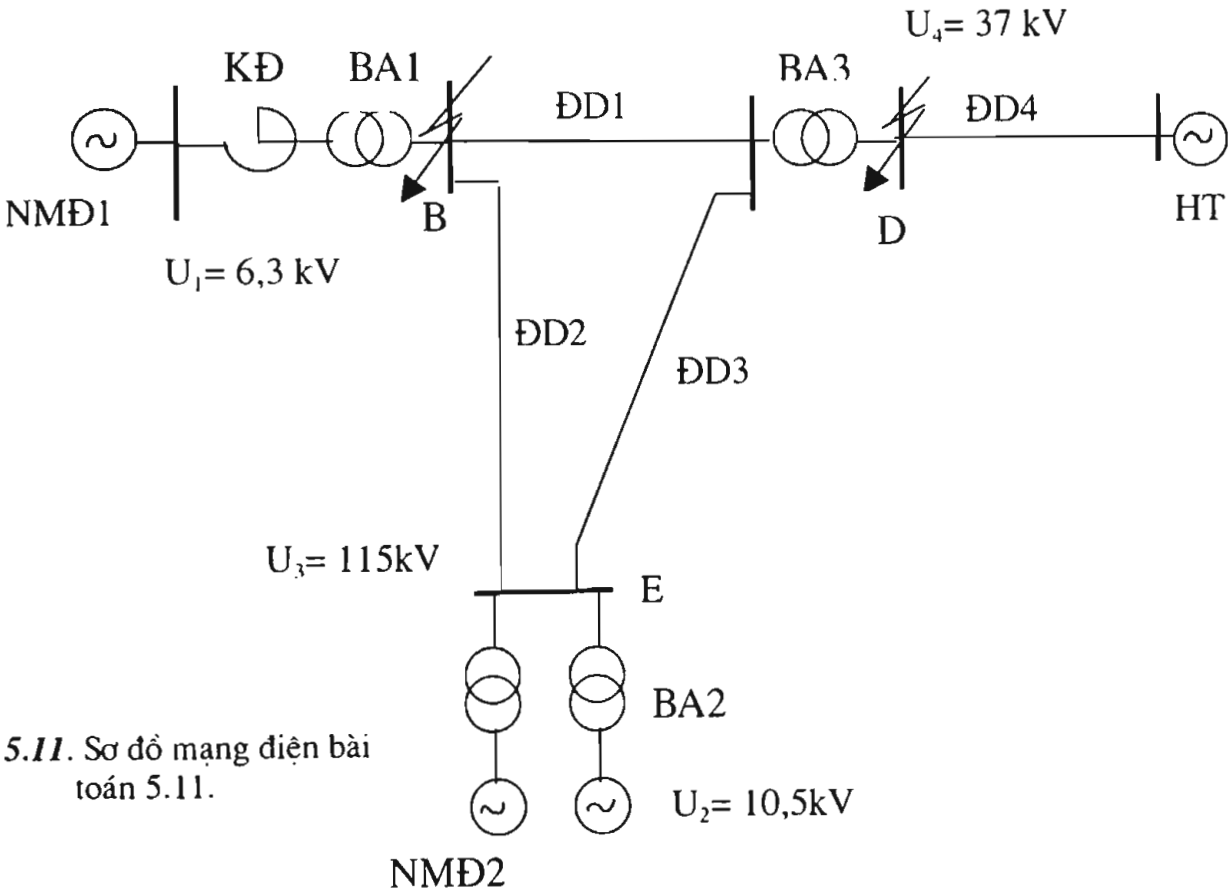
Bài 5. 11. Giải bài tập dài: Tính toán ngắn mạch 3 pha tại các điểm cho trước trên sơ đồ hệ thống điện biểu thị trên hình vẽ. Tên người thực hiện: Hoàng Công Sáng, các tham số của các phần tử mạng điện tra tương ứng theo bảng BT.

Các tham số của các phần tử được cho trong bảng sau

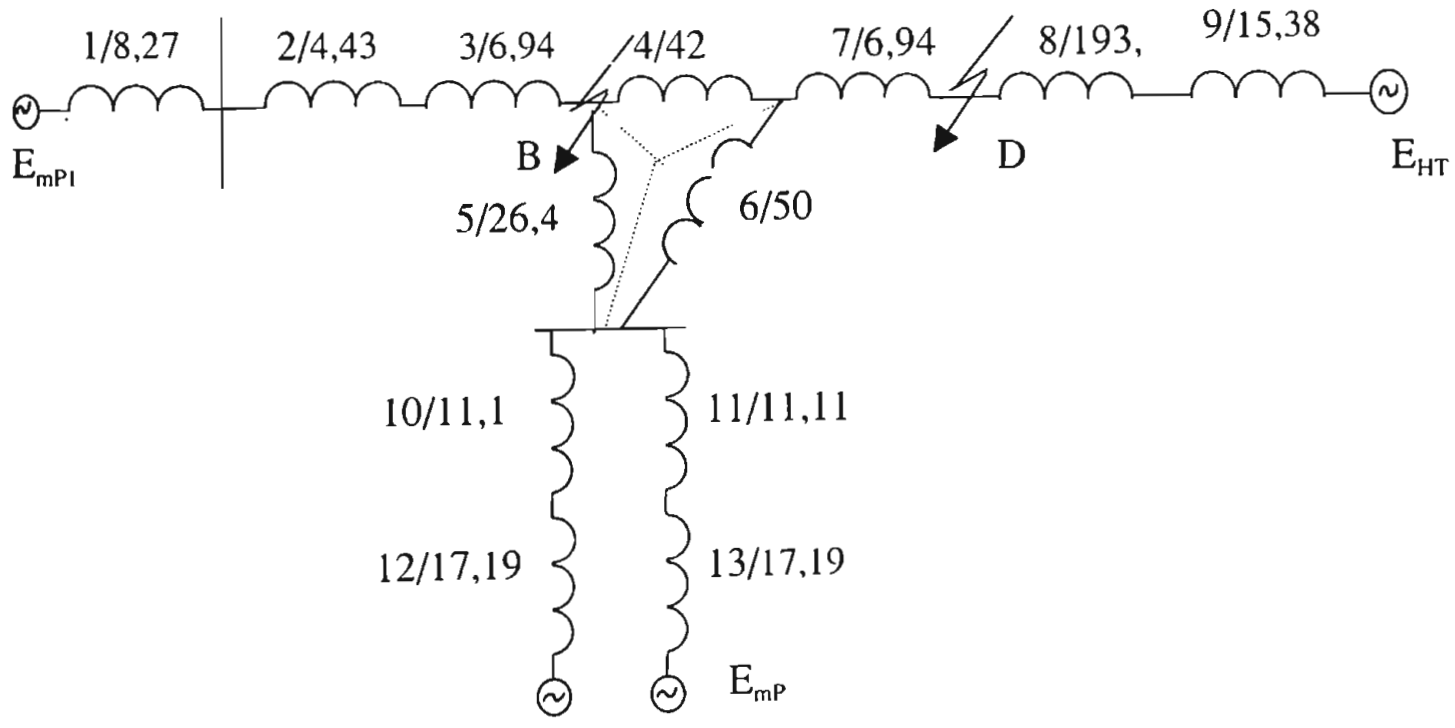
P.tử	Các tham số			
HT	$S_k=860 \text{ MVA}$	$U = 115 \text{ kV}$		
NMĐ1	$S_{np}=2 \times 200 \text{ MVA}$	$U_n=6,3 \text{ kV}$	$E_n = 1,05$	$x''_d 0,125$
NMĐ2	$S_{np}=2 \times 100 \text{ MVA}$	$U_n=10,5 \text{ kV}$	$E_n = 1,1$	$x''_d 0,13$
TBA1	$S_{B\Lambda}=1 \times 200 \text{ MVA}$	$6,3/115 \text{ kV}$		$U_k = 10,5\%$
TBA2	$S_{B\Lambda}=2 \times 125 \text{ MVA}$	$10,5/115 \text{ kV}$		$U_k = 10,5\%$
TBA3	$S_{B\Lambda}=1 \times 200 \text{ MVA}$	$115/37 \text{ kV}$		$U_k = 10,5\%$
ĐD 1	$l_1 = 105 \text{ km}$	$U = 115 \text{ kV}$		$x_0 0,4 \Omega/\text{km}$

P.từ	Các tham số			
ĐD 2	$l_2 = 66 \text{ km}$	$U = 115 \text{ kV}$		$x_{l_0} = 0,4 \Omega/\text{km}$
ĐD 3	$l_3 = 125 \text{ km}$	$U = 115 \text{ kV}$		$x_{l_0} = 0,4 \Omega/\text{km}$
ĐD 4	$l_4 = 50 \text{ km}$	$U = 37 \text{ kV}$		$x_{l_0} = 0,4 \Omega/\text{km}$
KĐ	$I_{kd} = 1,5 \text{ kA}$	$U_{kd} = 6,3 \text{ kV}$		$x_{kd} = 0,1$

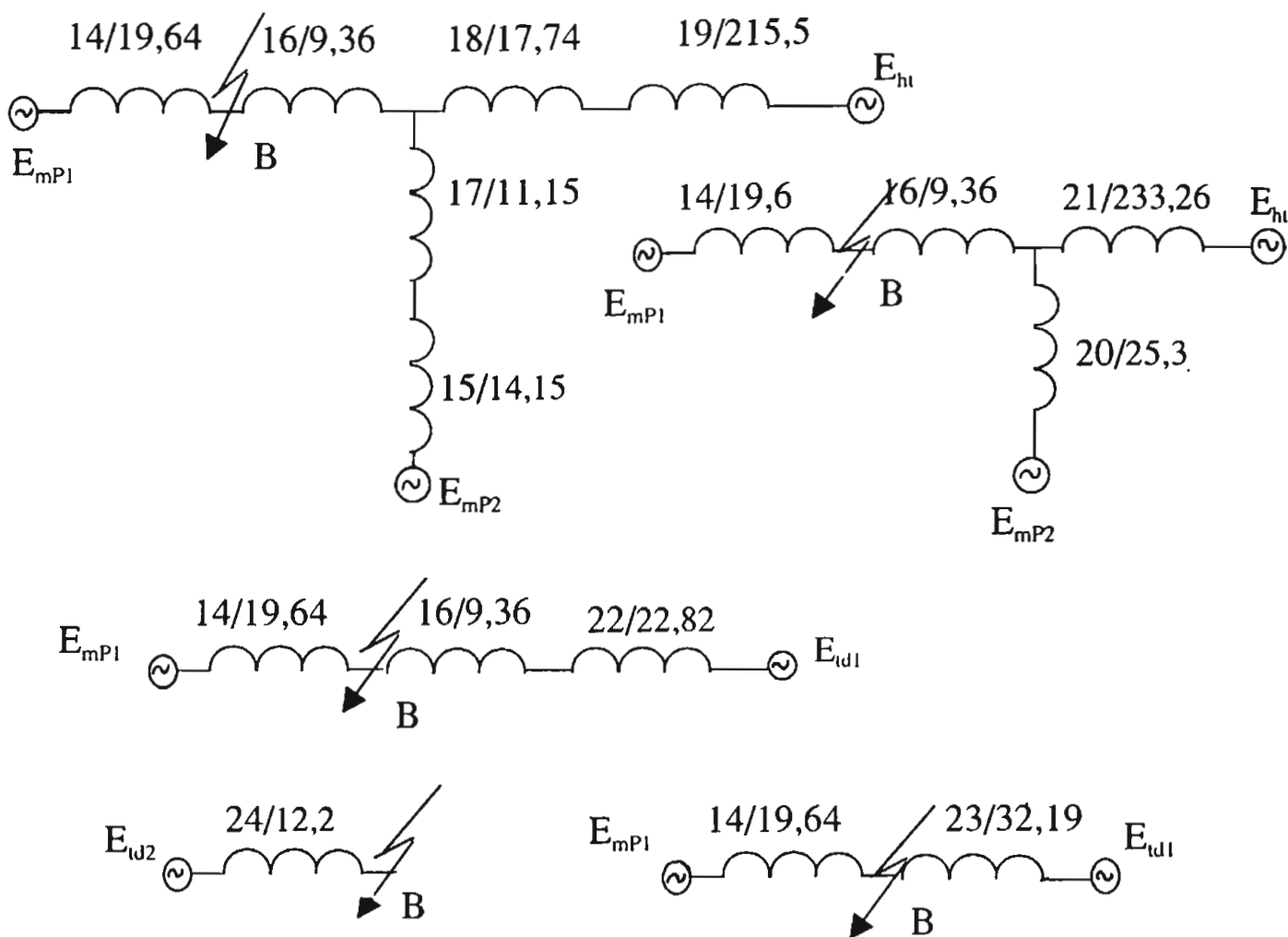
Các điểm ngắn mạch tại B và D



Hình 5.11. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.11.



Hình 5.11.b. Sơ đồ thay thế tính toán trong hệ đơn vị có tên bài toán 5.11.



Hình 5.11.c. Sơ đồ thay thế tính toán ngắn mạch tại điểm B bài toán 5.11.

Giải: Trước hết ta chọn các đại lượng cơ bản:

$$S_{cb} = 200 \text{ MVA}; U_{CB} = 115 \text{ kV}; I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb}} = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 115} = 1,004 \text{ kA}$$

Thiết lập sơ đồ thay thế tính toán (hình 5.11.b), các tính toán được trình bày dưới dạng bảng

Bảng VD.5.11.a. Số liệu tính toán bài 5.11

Th.số	Ký hiệu	Hệ đơn vị có tên	Hệ đơn vị tương đối
X			
MP1	X_1	$x_{dl}'' \cdot \frac{U_{cb}^2}{S_{mp1}} = 0,125 \cdot \frac{115^2}{200} = 8,27 \Omega$	$x_{dl}'' \cdot \frac{S_{cb}}{S_{mp1}} = 0,125 \cdot \frac{200}{200} = 0,125$
KĐ	X_2	$x_{kd} \cdot \frac{U_{kd}}{\sqrt{3} \cdot I_{kd}} = 0,1 \cdot \frac{115}{\sqrt{3} \cdot 1,5} = 4,43$	$x_{kd} \cdot \frac{I_{cb}}{I_{kd}} = 0,1 \cdot \frac{1,004}{1,5} = 0,067$

Th.số X	Ký hiệu	Hệ đơn vị có tên	Hệ đơn vị tương đối
MBA1	X ₃	$\frac{U_k U_{cb}^2}{100.S_{BA1}} = \frac{10,5.115^2}{200} = 6,93$	$\frac{U_k S_{cb}}{100S_{BA1}} = \frac{10,5.200}{100.200} = 0,105$
ĐD1	X ₄	$x_{01}.I_1 \left(\frac{U_{cb}}{U_{d1}}\right)^2 = 0,4.105 \left(\frac{115}{115}\right)^2 = 42$	$X_{01}.I_1 \frac{S_{cb}}{U_{d1}^2} = 0,4.105 \cdot \frac{200}{115^2} = 0,635$
ĐD2	X ₅	$x_{02}.I_2 \left(\frac{U_{cb}}{U_{d2}}\right)^2 = 0,4.66 \left(\frac{115}{115}\right)^2 = 26,4$	$X_{02}.I_2 \frac{S_{cb}}{U_{d2}^2} = 0,4.66 \cdot \frac{200}{115^2} = 0,4$
ĐD3	X ₆	$x_{03}.I_3 \left(\frac{U_{cb}}{U_{d3}}\right)^2 = 0,4.125 \left(\frac{115}{115}\right)^2 = 50$	$X_{03}.I_3 \frac{S_{cb}}{U_{d3}^2} = 0,4.125 \cdot \frac{200}{115^2} = 0,756$
BA 3	X ₇	$\frac{U_k U_{cb}^2}{100.S_{BA3}} = \frac{10,5.115^2}{200} = 6,931$	$\frac{U_k S_{cb}}{100S_{BA3}} = \frac{10,5.200}{100.200} = 0,105$
ĐD4	X ₈	$x_{04}.I_4 \left(\frac{U_{cb}}{U_{d4}}\right)^2 = 0,4.50 \left(\frac{115}{37}\right)^2 = 193,21$	$X_{04}.I_4 \frac{S_{cb}}{U_{d4}^2} = 0,4.50 \cdot \frac{200}{37^2} = 2,922$
HT	X ₉	$\frac{U_{cb}^2}{S_{kht}} = \frac{115^2}{860} = 15,38$	$X_{ht} = \frac{S_{cb}}{S_{kht}} = \frac{200}{860} = 0,232$
BA 2	X ₁₀ ; X ₁₁	$\frac{U_k U_{cb}^2}{100.S_{BA2}} = \frac{10,5.115^2}{125} = 11,11$	$\frac{U_k S_{cb}}{100S_{BA2}} = \frac{10,5.200}{100.125} = 0,168$
MP 2	X ₁₂ ; X ₁₃	$x_{d2}'' \frac{U_{cb}^2}{S_{mp2}} = 0,13 \cdot \frac{115^2}{100} = 17,192$	$x_{d2}'' \frac{S_{cb}}{S_{mp2}} = 0,13 \cdot \frac{200}{100} = 0,26$

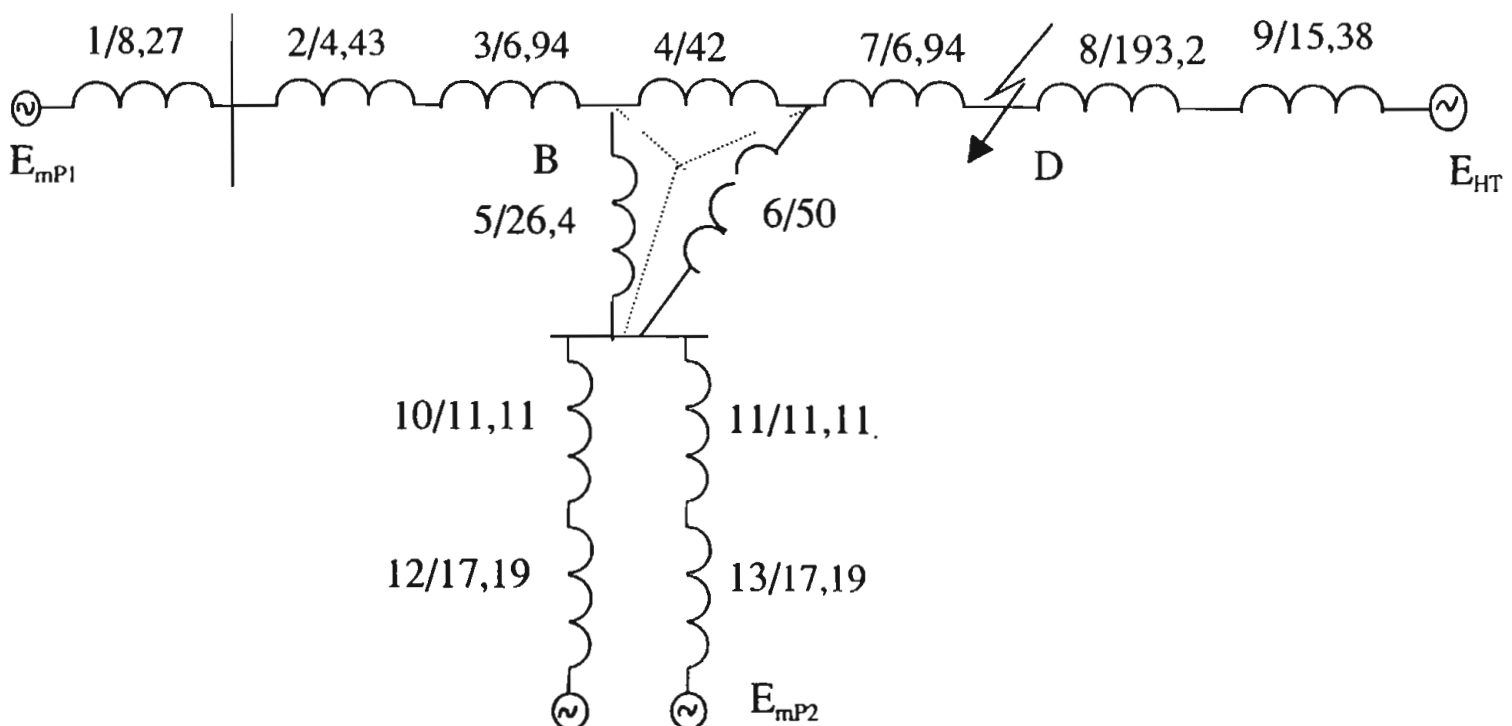
Tính toán ngắn mạch tại điểm B

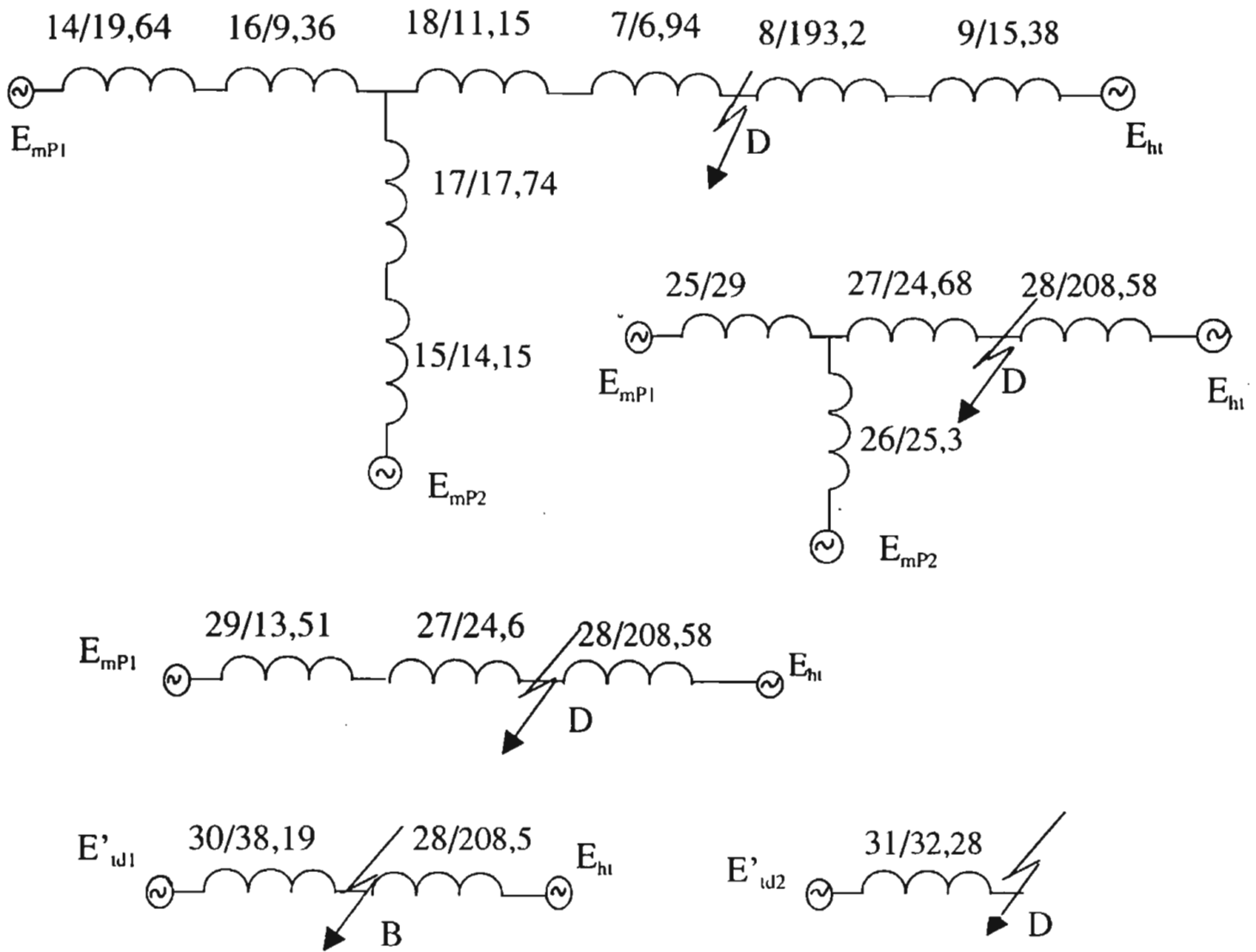
Biến đổi sơ đồ

$X_{14} = X_1 + X_2 + X_3$	$8,27 + 4,43 + 6,93 = 19,64$	$0,125 + 0,067 + 0,105 = 0,3$
$X_{15} = (X_{10} + X_{12})/2$	$(11,11 + 17,19)/2 = 14,15$	$(0,168 + 0,26)/2 = 0,214$
$X_{16} = (X_4 \cdot X_5)/(X_4 + X_5 + X_6)$	$42.26/(42+26+50) = 9,36$	$0,635.0,4/(0,635+0,4+0,756) = 0,142$
$X_{17} = (X_5 \cdot X_6)/(X_4 + X_5 + X_6)$	$26.50/(42+26+50) = 11,15$	$0,4 \cdot 0,756/(0,635+0,4+0,756) = 0,17$
$X_{18} = (X_4 \cdot X_6)/(X_4 + X_5 + X_6)$	$42.50/(42+26+50) = 17,74$	$0,635.0,756/(0,635+0,4+0,756) = 0,27$
$X_{19} = X_7 + X_8 + X_9$	$6,93 + 193,21 + 15,38 = 215,53$	$0,105 + 2,922 + 0,232 = 3,26$
$X_{20} = X_{17} + X_{15}$	$11,15 + 14,15 = 25,3$	$0,17 + 0,214 = 0,383$
$X_{21} = X_{18} + X_{19}$	$17,74 + 215,53 = 233,26$	$0,268 + 3,26 = 3,53$
$X_{22} = X_{20} \cdot X_{21}/(X_{20} + X_{21})$	$25,3.233,26/(25,3+233,26) = 22,82$	$0,383 \cdot 3,53/(0,383+3,53) = 0,345$

$X_{23} = X_{22} + X_{16}$	$22,82 + 9,36 = 32,19$	$0,345 + 0,142 = 0,487$
$X_{KB} = X_{24} = X_{14} * X_{23} / (X_{14} + X_{23})$	$19,64 * 32,19 / (19,64 + 32,19) = 12,2$	$0,3 * 0,487 / (0,3 + 0,487) = 0,184$
$g_{20} = 1/X_{20}$	$1/25,3 = 0,04$	$1/0,382 = 2,61$
$g_{21} = 1/X_{21}$	$1/233,26 = 0,0043$	$1/3,53 = 0,283$
$E_{mP1} = E_{mP1*} \cdot U_{CB} / \sqrt{3}$	$1,05 \cdot 115 / \sqrt{3} = 69,72$	1,05
$E_{mP2} = E_{mP2*} \cdot U_{CB} / \sqrt{3}$	$1,03 \cdot 115 / \sqrt{3} = 68,39$	1,03
$E_{ht} = U_{CB} / \sqrt{3}$	$115 / \sqrt{3} = 66,39$	1
$E_{td1} = \frac{E_{mP2} \cdot g_{20} + E_{ht} \cdot g_{21}}{g_{20} + g_{21}}$	$\frac{68,39 \cdot 0,04 + 66,39 \cdot 0,0043}{0,04 + 0,0043} = 68,19$	$\frac{1,03 \cdot 2,61 + 1,0 \cdot 0,283}{2,61 + 0,283} = 1,027$
$g_{14} = 1/X_{14}$	$1/19,64 = 0,051$	$1/0,3 = 3,37$
$g_{23} = 1/X_{23}$	$1/32,19 = 0,031$	$1/0,487 = 2,054$
$E_{td2} = \frac{E_{mP1} \cdot g_{14} + E_{td1} \cdot g_{23}}{g_{14} + g_{23}}$	$\frac{69,72 \cdot 0,051 + 68,19 \cdot 0,031}{0,051 + 0,031} = 69,14$	$\frac{1,05 \cdot 3,37 + 1,027 \cdot 2,054}{3,37 + 2,054} = 1,04$
Dòng ngắn mạch: $I_{KB}^{(3)}$, kA	$\frac{E_{td2}}{X_{KB}} = \frac{69,14}{12,2} = 5,67$	$\frac{E_{td2*}}{X_{KB*}} \cdot I_{CB} = \frac{1,04}{0,184} \cdot 1,004 = 5,67$
Dòng xung kích: i_{xKB}	$\sqrt{2} \cdot k_{xk1} \cdot I_{KB}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 5,67 = 14,43$ kA	
Giá trị hiệu dụng dòng xung kích: I_{xk1}	$q_{xk} \cdot I_{KB}^{(3)} = 1,52 \cdot 5,67 = 8,62$ kA	
C.suất ngắn mạch: S_{KB}	$\sqrt{3} \cdot U \cdot I_{KB}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 115 \cdot 5,67 = 1129,2$ MVA	

Tính toán ngắn mạch tại điểm D





Hình 5.11.d. Sơ đồ thay thế tính toán ngắn mạch tại điểm D bài toán 5.11.

Bảng VD.5.11.b. Số liệu tính toán ngắn mạch tại điểm D bài 5.11

Biến đổi sơ đồ		
Biểu thức	Hệ đơn vị có tên	Hệ đơn vị tương đối
$X_{25} = X_{14} + X_{16}$	$19,64 + 9,36 = 29$	$0,3 + 0,14 = 0,44$
$X_{26} = X_{15} + X_{17}$	$14,15 + 17,74 = 25,3$	$0,21 + 0,17 = 0,38$
$X_{27} = X_{18} + X_7$	$11,15 + 6,94 = 24,68$	$0,27 + 0,105 = 0,375$
$X_{28} = X_8 + X_9$	$193,2 + 15,38 = 208,58$	$0,23 + 2,92 = 3,15$
$X_{29} = X_{25} * X_{26} / (X_{25} + X_{26})$	$29 * 25,3 / (29 + 25,3) = 13,51$	$0,44 * 0,38 / (0,44 + 0,38) = 0,204$
$X_{30} = X_{27} + X_{29}$	$24,68 + 13,51 = 38,19$	$0,375 + 0,204 = 0,58$
$X_{KD} = X_{31} = X_{28} * X_{30} / (X_{28} + X_{30})$	$208,58 * 38,19 / (208,58 + 38,19) = 32,28$	$3,15 * 0,58 / (3,15 + 0,58) = 0,488$
$g_{25} = 1/X_{25}$	$1/29 = 0,034$	$1/0,44 = 2,28$

Bảng VD.5.11.b (tiếp theo)

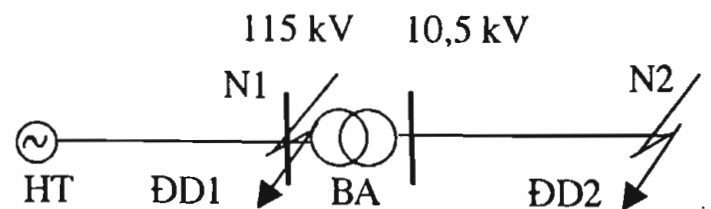
Biến đổi sơ đồ		
Biểu thức	Hệ đơn vị có tên	Hệ đơn vị tương đối
$g_{26} = 1/X_{26}$	$1/25,3 = 0,04$	$1/0,38 = 2,61$
$g_{28} = 1/X_{28}$	$1/208,58 = 0,005$	$1/3,15 = 0,32$
$g_{30} = 1/X_{30}$	$1/38,19 = 0,026$	$1/0,58 = 1,73$
$E'_{ud1} = \frac{E_{mP1} \cdot g_{25} + E_{mP2} \cdot g_{26}}{g_{25} + g_{26}}$	$\frac{69 \cdot 0,026 + 66,39 \cdot 0,005}{0,026 + 0,005} = 68,6$	$\frac{1,039 \cdot 1,73 + 1 \cdot 0,32}{1,73 + 0,32} = 1,033$
$E'_{ud2} = \frac{E_{ud1} \cdot g_{30} + E_{ht} \cdot g_{28}}{g_{30} + g_{28}}$	$\frac{69 \cdot 0,026 + 66,39 \cdot 0,005}{0,026 + 0,005} = 68,6$	$\frac{1,039 \cdot 1,73 + 1 \cdot 0,32}{1,73 + 0,32} = 1,033$
Dòng ngắn mạch: $I_{kD}^{(3)}$, kA	$\frac{E'_{ud2}}{X_{kD}} = \frac{68,6}{32,28} = 2,125$;	$\frac{E'_{ud2}}{X_{kD}} \cdot I_{CB} = \frac{1,033}{0,488} \cdot 1,004 = 2,125$
Dòng xung kích: i_{xkD}	$\sqrt{2} \cdot k_{xkD} \cdot I_{kD}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 2,125 = 5,41$ kA	
Giá trị hiệu dụng dòng xung kích: I_{xkD}	$q_{xk} \cdot I_{kD}^{(3)} = 1,52 \cdot 2,125 = 3,23$ kA	
Công suất ngắn mạch: S_{kD}	$\sqrt{3} U \cdot I_{kD}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 115 \cdot 2,125 = 423,3$ MVA	

3. BÀI TẬP

5.1. Tính toán ngắn mạch 3 pha tại điểm N₁ và N₂ trên sơ đồ mạng điện (như hình vẽ) được cung cấp từ hệ thống có điện áp không đổi là 115 kV và công suất ngắn mạch là 950 MVA, đường dây cung cấp ĐD1 dài 65 km, được làm bằng dây AC-120, đường dây phân phối dài 4 km bằng dây AC-70, máy biến áp mã hiệu TMTH-10/110 có công suất định mức S_{nBA} = 10 MVA, điện áp ngắn mạch U_k = 10,5%. (Giải theo hai hệ đơn vị)

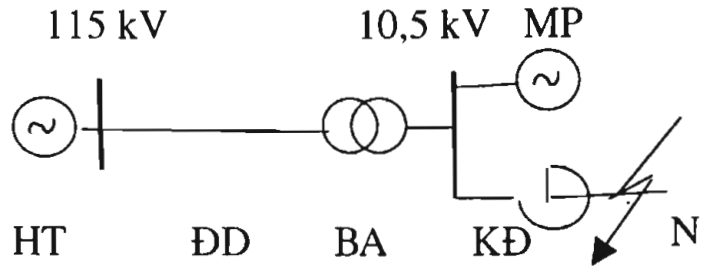
5.2: Hãy tính toán ngắn mạch 3 pha và 2 pha tại điểm N cho trên sơ đồ hình vẽ.

Mạng điện được cung cấp từ hệ thống có công suất vô cùng lớn với công suất ngắn mạch S_{kHT} = 750 MVA, đường dây cung cấp 110 kV dài 105 km được làm bằng dây ACO-240 (r₀ = 0,12 và x₀ = 0,424 Ω/km), máy biến áp mã hiệu TMTH-60/110 có công suất 60 MVA, điện áp thứ cấp U_{BA2} = 10,5 điện áp ngắn mạch U_k = 10,5%, cuộn kháng điện có các tham số U_{nkđ} = 6,3 kV, I_{nkđ} = 0.5 kA và x_{kd} = 0,05; máy phát công suất S_{mp} = 50 MVA, điện trở siêu quá độ x'' = 0,125, suất điện động E = 11 kV, điện áp định mức U_{mp} = 10,5 kV.



Hình 5.12. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.1.

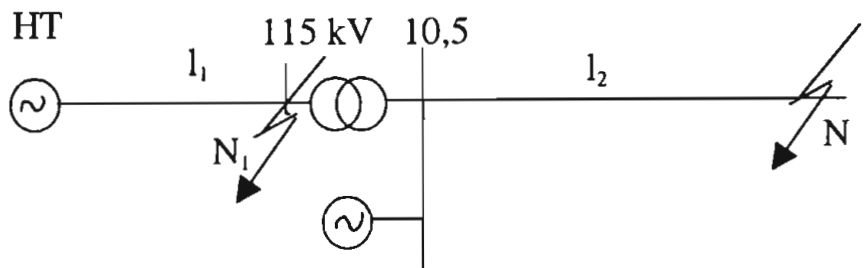
Hình 5.13. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.2.



5. 3. Hãy tính toán ngắn mạch ba pha tại điểm N_1 và N_2 trong mạng điện cho trên sơ đồ (hình 5.14.a). Các tham số của các phần tử] được cho trong bảng sau

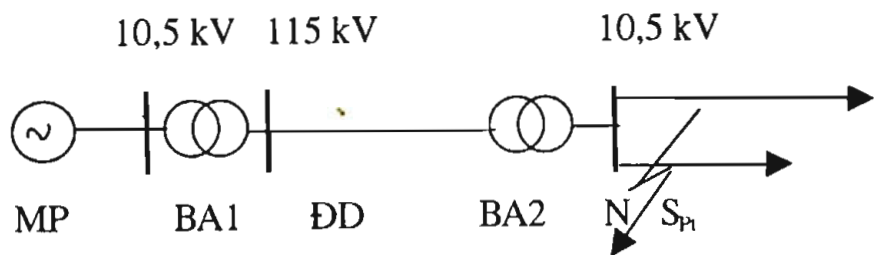
P.từ	Các tham số				
HT		$U = 115 \text{ kV}$	$S_k = 860 \text{ MVA}$		
BA	TMTH25/110	$115/6,3 \text{ kV}$	$S_{BA} = 25 \text{ MVA}$	$U_k = 10,5\%$	
MP		$E_{mp} = 6,5 \text{ kV}$	$S_{mp} = 30 \text{ MVA}$	$x''_d = 0,125$	$U_{nmp} = 10,5 \text{ kV}$
ĐD 1	AC-150	$U = 115 \text{ kV}$	$l_1 = 130 \text{ km}$	$r_{01} = 0,21 \Omega/\text{km}$	$x_{01} = 0,41 \Omega/\text{km}$
ĐD 2	AC- 95	$U_2 = 6,3 \text{ kV}$	$l_2 = 4,2 \text{ km}$	$r_{02} = 0,34 \Omega/\text{km}$	$x_{02} = 0,37 \Omega/\text{km}$

Hình 5.14. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.3.



5. 4. Hãy tính toán ngắn mạch tại điểm N trên sơ đồ mạng điện như hình vẽ các phần tử của hệ thống có các tham số như sau: Máy phát: công suất định mức $S_{mp} = 50 \text{ MVA}$, điện trở siêu quá độ dọc trục $x''_d = 0,132$, suất điện động trong hệ đơn vị tương đối $E_* = 1,1$; điện áp định mức $U_{mp} = 10,5 \text{ kV}$;

Máy tăng áp 10,5/115 kV có công suất định mức $S_{BA1} = 25 \text{ MVA}$, điện áp ngắn mạch $U_{k1} = 10,5 \%$, máy giảm áp 115/10,5 kV có công suất định mức $S_{BA2} = 10 \text{ MVA}$, $U_{k2} = 10,5 \%$; Đường dây 35 kV



Hình 5.15. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.4.

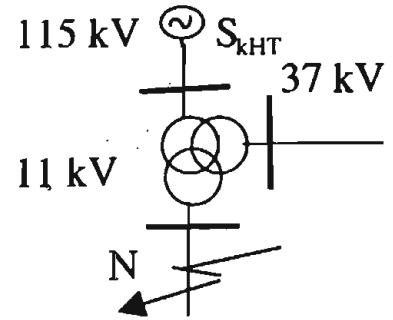
dài 82 km làm bằng dây AC-150 có điện trở $r_0 = 0,21$ và $x_0 = 0,41 \Omega/\text{km}$; Phụ tải mắc trên thanh cái 10,5 kV của trạm biến áp có giá trị $S_{ph} = 7,6 \text{ MVA}$, $\cos\varphi = 0,82$.

5.5. Tính toán ngắn mạch tại điểm N trên thanh cái phía 10,5 kV của máy biến áp 3 pha 3 cuộn dây cho trên sơ đồ. Công suất định mức của máy biến áp $S_{nBA} = 10 \text{ MVA}$,

$U_{kCH} = 17 \%$; $U_{kCT} = 10,5 \%$; $U_{kTH} = 6 \%$; Công suất ngắn mạch của hệ thống $S_{kHT} = 950 \text{ MVA}$.

5.6. Một mạng điện gồm hai mạch giống nhau làm việc song song bởi máy cắt MC; các tham số của các phần tử:

Máy phát có công suất định mức $S_{mp} = 30 \text{ MVA}$; điện trở siêu quá độ dọc trục $x''_d = 0,132$; điện áp định mức $U_{mp} = 10,5 \text{ kV}$; suất điện động trong hệ đơn vị tương đối $E_{mp*} = 1$.



Hình 5.16. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.5.

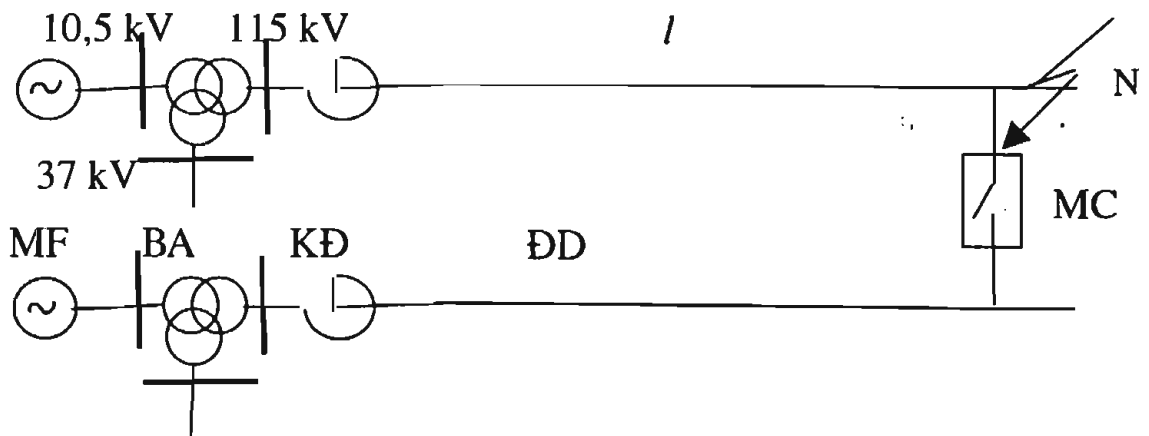
Máy biến áp: $S_{nBA} = 25 \text{ MVA}$; $U_{kCT} = 10,5 \%$; $U_{kCH} = 17,5 \%$; $U_{kTH} = 6,6 \%$.

Kháng điện: Dòng điện định mức $I_{kd} = 1,3 \text{ kA}$; $U_{kd} = 115 \text{ kV}$ và $x_{kd} = 0,08$.

Đường dây AC-150 dài 68 km có $r_0 = 0,21$ $x_0 = 0,41 \Omega/\text{km}$.

Hãy xác định dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N trong hai trường hợp:

- khi máy cắt MC mở;
- khi máy cắt MC đóng

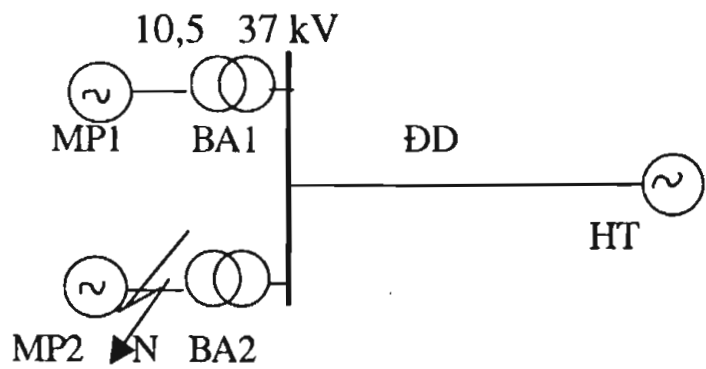


Hình 5.17. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.6.

5.7. Tính toán ngắn mạch 3 pha tại điểm N cho trên sơ đồ như hình 5.18. Biết các tham số: Hệ thống có công suất ngắn mạch $S_k = 360 \text{ MVA}$; Máy biến áp 1 và 2 có công suất như

nhau: $S_{nBa} = 7,5\text{MVA}$; $U_k = 7,5 \%$, các máy phát 1 và 2 có các tham số $S_{mp} = 10 \text{ MVA}$, $x''_d = 0,25$, $U_{nMP} = 10,5 \text{ kV}$, sđđ $E'' = 11 \text{ kV}$, Đường dây 35 kV dài 38 km làm bằng dây AC-95 có $x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$. (bỏ qua r_0)

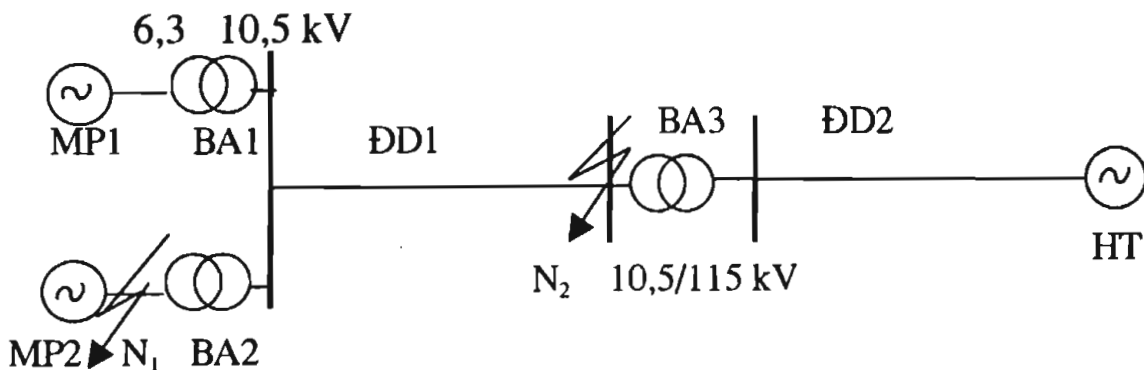
5. 8. Một hệ thống điện có sơ đồ cho trên hình 5.19. Biết các tham số: Hệ thống có công vô cùng lớn; Nhà máy thủy điện có 2 máy phát giống nhau 1 và 2 với các tham số $P_{mp} = 1000 \text{ kW}$, $\cos\varphi = 0,8$, $x''_d = 0,25$, $U_{nMP} = 6,3 \text{ kV}$; Trạm biến áp 6,3/10,5 kV 2 máy có công suất như nhau: $S_{nBa} = 1600\text{kVA}$; $U_k = 5,5 \%$; Máy biến áp trung gian BA3 110/10,5 kV, có $S_{BA,3} = 6,3 \text{ MVA}$, $U_{k,3} = 10,5 \%$; Các đường dây 10 kV dài 8 km và đường dây 110 kV dài 50 km có $x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$.



Hình 5.18. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.7.

Hãy xác định giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N_1 và N_2 khi:

- Nhà máy điện làm việc độc lập với hệ thống;
- Nhà máy điện làm việc song song với hệ thống.



Hình 5.19. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.8.

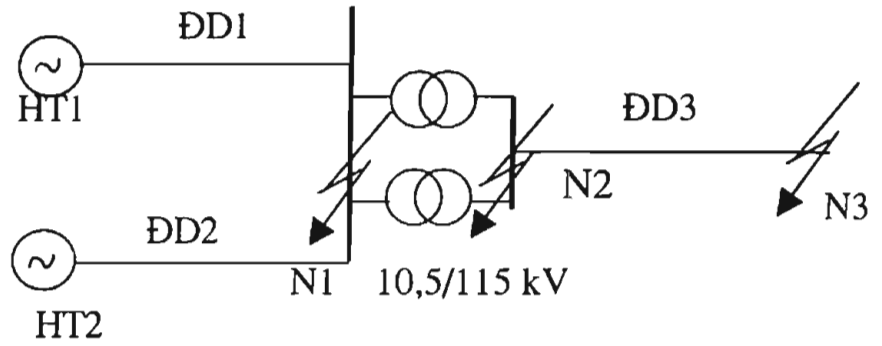
5.9. Một hệ thống điện có sơ đồ cho trên hình 5.20. Biết các tham số:

Hệ thống có công suất ngắn mạch $S_k = 800\text{MVA}$; Hệ thống 2 có dòng ngắn mạch 3 pha tại thanh cái là $I_k^{(3)} = 3,5 \text{ kA}$ Trạm biến áp 6,3/10,5 kV 2 máy có công suất như nhau: $S_{nBa} = 1600\text{kVA}$; $U_k = 5,5 \%$, Máy biến áp trung gian BA3 110/11 kV, có $S_{BA,3} = 6,3 \text{ MVA}$, $U_{k,3} = 10,5 \%$; Các đường dây ĐD1 dài 50 km làm bằng dây AC-95 ($r_0 = 0,34$ và $x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$) đường dây ĐD2 dài 30 km làm bằng dây AC-70 có $r_0 = 0,34$ và $x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$. Đường dây ĐD3

gồm 2 đoạn: đoạn 1 dài 2 km được làm bằng dây AC-50; đoạn 2 dài 8 km được làm bằng dây AC-35.

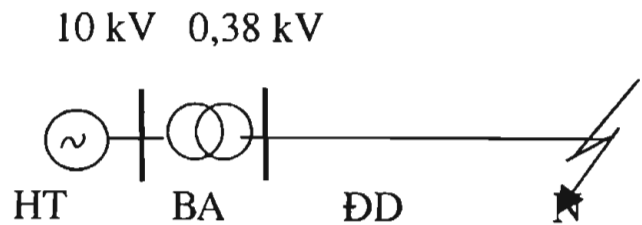
Hãy xác định giá trị dòng điện và công suất ngắn mạch 3 pha tại các điểm N_1 ; N_2 và N_3 .

5. 10. Tính toán ngắn mạch trong mạng điện hạ áp tại điểm N cho trên sơ đồ như hình vẽ 5.21. Biết các tham số: Hệ thống có công suất ngắn mạch $S_k = 250 \text{ MVA}$; Máy biến áp: $S_{nBa} = 320 \text{ kVA}$; $U_k = 5,5 \%$, $\Delta P_k = 6,2 \text{ kW}$; Đường dây bằng cáp hạ áp dài $l = 430 \text{ m}$; $r_0 = 0,46$; $x_0 = 0,31 \Omega / \text{km}$;



Hình 5.20. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.9.

Bỏ qua điện trở của các thiết bị phụ.

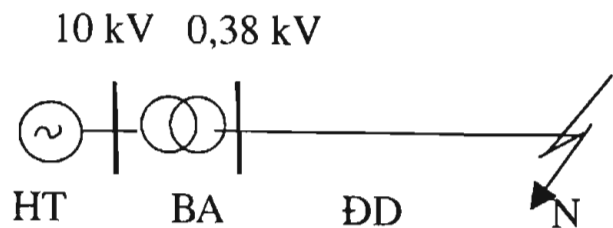


Hình 5.21. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.10.

5. 11. Tính toán ngắn mạch trong mạng điện hạ áp tại điểm N cho trên sơ đồ như hình vẽ 5.22. Biết các tham số: Hệ thống có công suất vô cùng lớn $S_{Ht} = \infty$, Máy biến áp: $S_{nBa} = 560 \text{ kVA}$; $U_k = 5,5 \%$, $\Delta P_k = 9,4 \text{ kW}$; Đường dây bằng cáp hạ áp dài $l = 460 \text{ m}$; $r_0 = 0,27$; $x_0 = 0,30 \Omega / \text{km}$.

Bỏ qua điện trở của các thiết bị phụ.

5. 12. Tính toán ngắn mạch một pha trong mạng điện hạ áp tại điểm N cho trên sơ đồ như hình vẽ 5.23. Biết các tham số:



Hình 5.22. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.11.

- Hệ thống có công suất vô cùng lớn nên có thể bỏ qua điện

- Máy biến áp TM 320/10:

$S_{nBa} = 320 \text{ kVA}$; $\Delta P_k = 6,2 \text{ kW}$;

$U_k = 5,5 \%$,

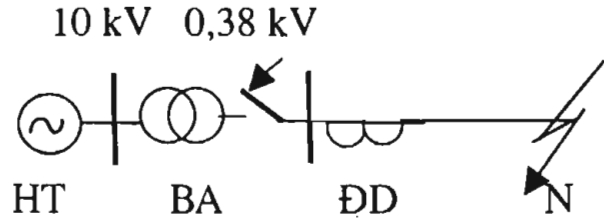
Đường dây A-70 dài $l = 440 \text{ m}$; $r_0 = 0,46 \Omega / \text{km}$; $x_0 = 0,31 \Omega / \text{km}$;

Có xét đến điện trở của các thiết bị phụ:

Thanh cái bằng đồng kích thước 30x4 mm dài 2,2 m; aptomat tổng loại A3134 có dòng định mức 600 A; máy biến dòng loại TK ϕ 400/5

5.13. Bài tập dài:

Tính toán ngắn mạch 3 pha tại các điểm cho trên sơ đồ hệ thống điện như hình vẽ, giá trị điện áp của các cấp được biểu thị trên các thanh cái, các tham số khác của các phần tử được cho trong bảng ứng với các chữ cái của họ, tên đệm và tên của người làm bài như sau: ứng với



Hình 5.23. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.12.

chữ cái của **họ** sẽ có số liệu của các phần tử NMD1, trạm biến áp 1, đường dây 1 và điểm ngắn mạch thứ nhất (từ cột 1 đến cột 7); ứng với chữ cái của tên **đệm**: NMD2, trạm biến áp 2, đường dây 2 và điểm ngắn mạch thứ 2 (từ cột 1 đến cột 7); ứng với chữ cái của **tên**: trạm biến áp 3, đường dây 3, đường dây 4, cuộn kháng điện, hệ thống và điểm ngắn mạch thứ 3 (từ cột 5 đến cột 11). Các ký hiệu:

- Máy phát: S_{mp} – công suất định mức của máy phát (MVA), E_s – sdd của máy phát trong hệ đơn vị tương đối ứng với điện áp định mức, điện áp định mức của máy phát bằng giá trị điện áp trên thanh cái, x''_d - điện kháng dọc trục siêu quá độ trong hệ đơn vị tương đối; n_{mp} - số lượng máy phát;

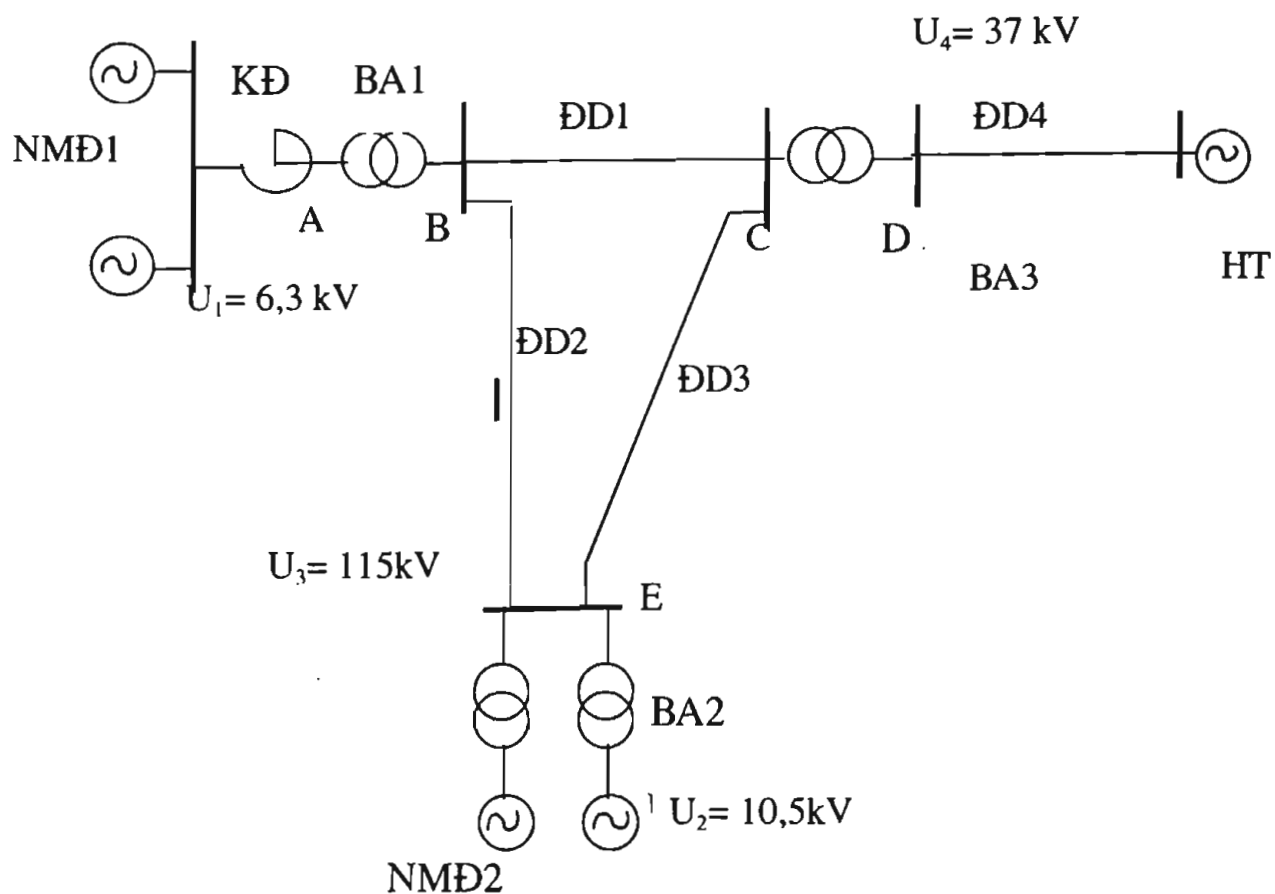
- Máy biến áp: S_{BA} – công suất định mức của máy biến áp (MVA), các máy biến áp có điện áp ngắn mạch $U_k=10,5\%$, số lượng máy biến áp lấy bằng số lượng máy phát;

- Cuộn kháng điện: U_{kd} - điện áp định mức của cuộn kháng điện bằng điện áp ghi trên thanh cái; I_{kd} – dòng điện định mức của cuộn kháng điện, kA, x_{kd} - điện trở kháng điện trong hệ đơn vị tương đối;

- Đường dây: l – chiều dài đường dây (km), $x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$;

- Hệ thống: S_k – công suất ngắn mạch MVA), điện áp hệ thống bằng điện áp của đường dây tương ứng.

(Giải trong 2 hệ đơn vị có tên và tương đối, bỏ qua điện trở tác dụng của các phần tử)



Hình 5.24. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.13

Bảng BT. Dữ kiện bài tập dài 5.13

Họ											
Tên đệm											
Chữ cái	Nhà máy điện				Tên						
					TBA	ĐD	ĐNM	Kháng điện		HT	ĐD
	$S_{m\dot{p}}$	$x''_{d\dot{t}}$	E_*	$n_{m\dot{p}}$	$S_{B\Lambda}$	l	N_k	$I_{k\dot{d}}$	$x_{k\dot{d}}$	S_k	l
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	50	0,125	1,1	2	63	87	B	0,5	0,08	1200	45
Ã	60	0,13	1,05	2	63	90	C	0,6	0,075	780	33
Â	40	0,2	1,03	3	40	45	D	0,8	0,08	1350	48
B	100	0,125	1,1	1	125	120	E	1	0,08	1500	30
C	100	0,13	1,1	1	125	66	B	1,2	0,1	980	38
D	60	0,125	1,05	2	63	75	B	0,7	0,09	890	48
Đ	50	0,13	1,05	3	63	83	C	0,5	0,08	680	39
E	100	0,128	1,1	2	125	80	D	1	0,1	780	29
Ê	120	0,15	1,05	1	125	75	E	1,1	0,08	1050	64
G	150	0,145	1,1	1	200	67	A	1,3	0,1	1130	35
H	200	0,125	1,05	1	200	105	B	1,5	0,1	1010	43

Chữ cái	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	75	0,25	1,1	2	80	68	C	0,6	0,08	880	80
K	80	0,125	1,05	2	80	114	D	0,6	0,08	680	60
L	60	0,145	1,03	3	80	70	E	0,5	0,08	978	77
M	50	0,135	1,1	3	63	117	A	0,5	0,08	680	65
N	75	0,13	1,1	2	80	120	B	0,6	0,08	790	35
O	80	0,125	1,05	2	80	78	C	0,7	0,075	1120	44
Ơ	90	0,125	1,05	2	125	76	D	1	0,08	1480	37
Ô	100	0,2	1,1	2	125	69	E	1	0,08	1370	48
P	120	0,25	1,05	2	125	106	A	1,2	0,1	1690	55
Q	150	0,135	1,1	1	200	110	B	1,5	0,09	1030	60
R	200	0,125	1,05	2	200	102	C	1,8	0,08	1105	43
S	150	0,13	1,1	2	200	125	D	1,5	0,1	860	50
T	100	0,14	1,05	2	125	127	E	1	0,08	887	36
U	50	0,15	1,03	2	63	86	A	0,5	0,1	668	40
Ư	80	0,22	1,1	3	80	72	B	0,6	0,1	1076	51
V	75	0,135	1,1	3	80	77	C	0,6	0,08	1340	33
X	100	0,125	1,05	2	125	85	D	1	0,08	1145	36
Y	150	0,124	1,05	2	200	65	E	1,5	0,08	2010	54

Chương 6

CHỌN THIẾT BỊ VÀ CÁC PHẦN TỬ HỆ THỐNG ĐIỆN

1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1.1. Điều kiện chọn và kiểm tra thiết bị điện

1.1.1. Điều kiện làm việc bình thường

Để đảm bảo nhiệt cho khí cụ điện và dây dẫn ở tình trạng phát nóng dài hạn, dòng điện làm việc bình thường cực đại I_{LV} không được vượt quá dòng điện cho phép I_{cp} ứng với nhiệt độ cho phép lâu dài:

$$I_{LV} \leq I_{cp} . \quad (6.1)$$

Khi nhiệt độ môi trường xung quanh khác với giá trị cho trong sổ tay tra cứu, cần phải hiệu chỉnh lại dòng điện làm việc

$$I_{lvM}^{hc} = \frac{I_{lv}}{k_{\theta}} , \quad (6.2)$$

trong đó: k_{θ} – hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ

$$k_{\theta} = \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta_{otl}}{\theta_{cp} - \theta_{otc}}} , \quad (6.3)$$

ở đây: θ_{cp} - nhiệt độ cho phép lớn nhất đối với thiết bị;

θ_{otc} - nhiệt độ môi trường tiêu chuẩn;

θ_{otl} - nhiệt độ thực tế của môi trường xung quanh.

Tiết diện của phần tử dẫn điện có thể xác định theo mật độ dòng điện cho phép:

$$F = \frac{I_{lvM}^{hc}}{j_{kt}} , \text{ mm}^2, \quad (6.4)$$

j_{kt} – mật độ dòng điện kinh tế, A/mm².

Điện áp định mức của thiết bị (U_n) phải không nhỏ hơn giá trị điện áp của mạng điện

$$U_n \geq U \quad (6.5)$$

1.1.2. Kiểm tra thiết bị theo chế độ sự cố ngắn mạch

a. Kiểm tra chế độ ổn định nhiệt

Để đảm bảo điều kiện ổn định nhiệt, tiết diện của các phần dẫn phải không nhỏ hơn giá trị tối thiểu

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C_1} = \frac{I_k^{(3)} \sqrt{t_k}}{C_1} \quad (6.6)$$

trong đó: $I_k^{(3)}$ - giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha lớn nhất đi qua thiết bị với C_1 là hệ số phụ thuộc vào tính chất của vật liệu dẫn điện, cho trong các sổ tay thiết kế

$$B_k = \int_{t=0}^{t_k} i_k^2 dt = (I_k^{(3)})^2 t_k \quad (6.7)$$

Đối với các thiết bị có dòng định mức nhỏ hơn 1000 A thì có thể kiểm tra sự ổn định nhiệt theo biểu thức

$$I_{\text{od}} \geq I_k^{(3)} \sqrt{\frac{t_k}{t_{\text{od}}}} \quad (6.8)$$

trong đó: I_{od} - dòng ổn định nhiệt của máy cắt ứng với thời gian ổn định t_{od} cho trong lý lịch máy.

b. Kiểm tra chế độ ổn định động

Chế độ ổn định động được kiểm tra theo các điều kiện

$$\begin{aligned} i_{\text{th}} &\geq i_{\text{xk}} \\ I_{\text{th}} &\geq I_{\text{xk}}; \end{aligned} \quad (6.9)$$

trong đó: i_{th} , I_{th} - giá trị lớn nhất và giá trị hiệu dụng của dòng ổn định động xung kích của thiết bị;

i_{xk} , I_{xk} - giá trị lớn nhất và giá trị hiệu dụng của dòng xung kích đi qua thiết bị.

Đối với thanh cái ổn định động được kiểm tra theo ứng suất cho phép σ_{cp}

$$\sigma_{\text{tt}} = \frac{M}{W} \quad (6.10)$$

trong đó: M - momen uốn:

$$M = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{l^2 i_{\text{xk}}^2}{10 \cdot a}, \text{ kG.cm}, \quad (6.11)$$

ở đây: i_{xk} – giá trị lớn nhất của dòng xung kích đi qua thanh cái, A;

l - chiều dài một nhịp thanh cái, cm;

a - khoảng cách giữa các pha, cm;

W - momen chống uốn: $W = 0,167b^2h \text{ cm}^3$.

Điều kiện chọn và kiểm tra thiết bị điện

1.2. Chọn các thiết bị điện

1.2.1. Thanh cái

Điện áp định mức của thanh cái (U_{tc}) không nhỏ hơn điện áp của mạng điện: $U_{tc} \geq U$;

Tiết diện thanh cái chọn theo mật độ dòng điện kinh tế:

$$F_{tc} \geq \frac{I_{IVM}^{hc}}{j_{kt}} \quad (6.12)$$

Kiểm tra ổn định nhiệt: $F_{min} = \frac{I_k^{(3)} \sqrt{t_k}}{C_t} \leq F_{tc} \quad (6.13)$

Kiểm tra ổn định động: $\sigma_{tt} = \frac{M}{W} \leq \sigma_{cP} \quad (6.14)$

1.2.2. Sứ đỡ

Điện áp định mức của sứ ($U_{sứ}$) không nhỏ hơn điện áp của mạng điện: $U_{sứ} \geq U$.

Kiểm tra ổn định nhiệt: Dòng ổn định nhiệt của sứ lớn hơn dòng ngắn mạch $I_{\infty N} \geq I_k$.

Kiểm tra ổn định động: Lực cho phép của sứ lớn hơn giá trị tính toán $F_{cP} \geq kF_{tt}$

$$F_{cP} = 0,6 F_{phá} \quad (6.15)$$

trong đó:

$F_{phá}$ - lực phá hỏng sứ (cho trong sổ tay thiết kế);

F_{tt} - lực động điện tác động lên đầu sứ khi ngắn mạch ba pha xác định theo biểu thức

$$F_{tt} = 1,76 \cdot 10^{-8} l \frac{i_{xk}^2}{a}, \text{ kG} \quad (6.16)$$

k - hệ số hiệu chỉnh, xác định theo biểu thức:

$$k = \frac{H'}{H}$$

trong đó: H – chiều cao của sứ;

H' – chiều cao từ đáy sứ đến điểm đặt của tải trọng cơ học

1.2.3. Cấp điện lực

Cấp điện áp: $U_{\text{Cấp}} \geq U$

Tiết diện: Tiết diện của cáp điện lực có thể chọn theo phương pháp hao tổn điện áp cho phép hoặc theo mật độ dòng điện kinh tế:

$$F_C \geq \frac{I_{\text{lv.M}}^{\text{hc}}}{J_{\text{kt}}}$$

Giá trị dòng điện làm việc cực đại được hiệu chỉnh cho phù hợp với điều kiện nhiệt độ môi trường và số lượng cáp đi chung trong một rãnh

$$I_{\text{lv.M}}^{\text{hc}} = \frac{I_{\text{lv.M}}}{k_{\theta} \cdot k_n}; \quad (6.17)$$

trong đó: $I_{\text{lv.M}}$ – dòng điện làm việc cực đại;

$F_{\text{cáp}}$ cũng có thể được chọn theo mật độ dòng điện kinh tế dòng điện đốt nóng cho phép

Kiểm tra chế độ ổn định nhiệt: $F_{\text{min}} = \frac{I_k^{(3)} \sqrt{t_k}}{C_t}$

Chọn máy cắt, máy cắt phụ tải và dao cách ly

a. Máy cắt

- Điện áp định mức $U_{\text{nMC}} \geq U_{\text{mạng}}$

- Dòng điện định mức $I_{\text{nMC}} \geq I_{\text{lv.M}}^{\text{hc}}$

- Kiểm tra chế độ ổn định nhiệt khi ngắn mạch chỉ áp dụng cho máy cắt có dòng định mức nhỏ hơn 1000 A

$$I_{\text{đd}} \geq I_k^{(3)} \sqrt{\frac{t_k}{t_{\text{đd}}}} \quad (6.18)$$

- Kiểm tra chế độ ổn định động

$$i_{\text{Mc}} \geq I_{\text{xk}} \quad (6.19)$$

i_{Mc} - dòng ổn định động của máy cắt;

I_{xk} giá trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xung kích.

- Điều kiện cắt: Công suất (hoặc dòng điện) cắt của máy phải lớn hơn hoặc bằng công suất (hoặc dòng) ngắn mạch lớn nhất có thể đi qua máy:

$$S_{\text{cắt}} \geq S_k^{(3)} \quad \text{hoặc} \quad I_{\text{cắt}} \geq I_k^{(3)};$$

b. Máy cắt phụ tải và dao cách ly

Điều kiện chọn máy cắt phụ tải và dao cách ly giống như máy cắt, trừ điều kiện cắt.

1.2.5. Máy biến đổi đo lường

a. Máy biến dòng điện BI

- Điện áp định mức $U_{\text{nBI}} \geq U$

- Dòng điện định mức phía sơ cấp $I_{\text{nBI}} \geq I_{\text{VM}}^{\text{hc}}$

- Cấp chính xác: chọn phù hợp với các yêu cầu của dụng cụ nối vào máy thứ cấp.

- Phụ tải thứ cấp $Z_{2\text{nBI}}$.

Để đảm bảo độ chính xác yêu cầu, tổng phụ tải thứ cấp Z_2 của nó (kể cả dây dẫn) không được vượt quá phụ tải định mức

$$Z_{2\text{nBI}} \geq Z_2 = Z_{\Sigma \text{pl}} + r_d \quad (6.20)$$

trong đó $Z_{\Sigma \text{pl}}$ - tổng phụ tải các dụng cụ đo

r_d - tổng trở của dây dẫn nối biến dòng điện với dụng cụ đo

Trường hợp giới hạn ta có:

$$Z_{2\text{nBI}} - Z_{\Sigma \text{pl}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{tt}}}{F_d} \quad (6.21)$$

Suy ra tiết diện F_d của dây dẫn:

$$F_d = \frac{\rho \cdot l_{\text{tt}}}{\gamma r_d} \quad (6.22)$$

trong đó : γ - điện dẫn của vật liệu ;

ρ - điện trở suất của vật liệu dẫn điện;

l_{tt} -chiều dài tính toán của dây dẫn, phụ thuộc vào chiều dài thực tế l và sơ đồ nối BI.

Sơ đồ dùng 3 biến dòng trên ba pha nối hình sao thì $l_{\text{tt}} = l$;

Sơ đồ dùng 2 biến dòng trên hai pha $l_{\text{tt}} = \sqrt{3} \cdot l$;

Sơ đồ dùng 1 biến dòng trên một pha $l_{\text{tt}} = 2 \cdot l$.

- Kiểm tra ổn định động $I_{\text{ổđBI}} \geq I_{\text{xk}}$

Riêng đối với biến dòng kiêm sứ đỡ, điều kiện ổn định động là:

$$F_{\text{cp}} \geq F_{\text{tt}} = 0,88 \cdot 10^{-8} i_{\text{xk}}^2 \frac{l}{a} \quad (6.23)$$

trong đó: F_{cp} - lực tác dụng cho phép lên đầu BI;

F_{tt} - lực tính toán đặt lên đầu sứ của biến dòng;

l - khoảng cách từ BI đến sứ gần nhất, cm;

a - khoảng cách giữa các pha, cm.

- Kiểm tra ổn định nhiệt

$$I_{\text{ổđnh.BI}} \geq I_{\text{k}}^{(3)} \sqrt{\frac{t_{\text{k}}}{t_{\text{ổđ}}}} \quad (6.24)$$

b. Máy biến điện áp BU

- Điện áp định mức của biến điện áp phải phù hợp với điện áp của mạng: $U_{\text{nBU}} \geq U$.

- Cấp chính xác chọn phù hợp với nhiệm vụ của máy biến áp.

- Công suất định mức. $S_2 \leq S_{\text{nBU}}$;

Tiết diện dây dẫn được chọn sao cho hao tổn điện áp không vượt quá 5% điện áp định mức khi có công tơ và 3% khi không có công tơ.

1.2.6. Cuộn kháng điện

Điện áp định mức: $U_{\text{n.kd}} \geq U$

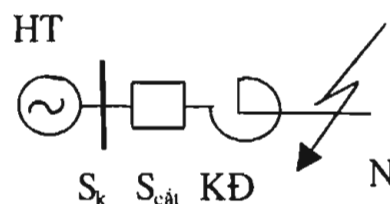
Dòng định mức: $I_{\text{n.kd}} \geq I_{\text{lv.M}}$

Điện trở của kháng điện được chọn sao cho công suất ngắn mạch lớn nhất không vượt quá công suất cắt của máy cắt bảo vệ $S_{\text{cát}}$

Giá trị điện trở của cuộn kháng điện trong hệ đơn vị cơ bản:

$$X_{\text{kd}^*} = X_{\text{ht.2}} - X_{\text{ht.1}}$$

$$X_{\text{ht.1}^*} = \frac{S_{\text{cb}}}{S_{\text{k}}}; \quad X_{\text{ht.2}^*} = \frac{S_{\text{cb}}}{S_{\text{cát}}}$$



S_{cb} – công suất được chọn làm đại lượng cơ bản.

S_{k} ; $S_{\text{cát}}$ – công suất ngắn mạch trên thanh cái hệ thống và công suất cắt của máy cắt.

Giá trị điện trở kháng điện ứng với chế độ định mức

$$X_{kd} = X_{kd.tl} \cdot \frac{S_{kd}}{S_{cb}} \left(\frac{U_{cb}}{U_{nkd}} \right)^2 \quad (6.25)$$

Chọn X_{nkd} theo giá trị gần nhất cho trong catalogue

Trong hệ đơn vị tương đối cơ bản

$$X_{kd*} = X_{kdc} \frac{S_{cb}}{S_{kd}} \left(\frac{U_{n.kd}}{U_{cb}} \right)^2 \quad (6.26)$$

Dòng ngắn mạch sau cuộn kháng điện

$$I_k = \frac{I_{cb}}{X_{htl*} + X_{kd*}} \quad (6.27)$$

Giá trị điện áp dư trên cuộn kháng điện khi có ngắn mạch không được nhỏ hơn 65%

$$U\%_d = X_{kdc} \cdot \frac{I_{cb}}{I_{nkd}} \cdot 100 \geq 65\% \quad (6.28)$$

trong đó: S_{kd} ; $U_{n.kd}$; $I_{n.kd}$ – công suất định mức; điện áp và dòng điện định mức của cuộn kháng điện.

1.2.7. Cầu chảy và aptomat

a. Cầu chảy

- Dòng điện dây chảy đối với phụ tải không có dòng điện nhảy vọt: $I_{dc} \geq I_{lv}$.
- Đối với phụ tải có dòng điện nhảy vọt

$$I_{dc} = \frac{I_{mm}}{\alpha_m}, \quad (6.29)$$

trong đó: I_{mm} - dòng điện mở máy của động cơ;

α_m - là hệ số phụ thuộc vào điều kiện khởi động.

- Đối với cầu chảy bảo vệ đường dây chính, dây chảy chọn giá trị lớn nhất của một trong 2 điều kiện sau:

$$I_{kd} \geq I_{dc} = k_{dt} \sum_1^n I_n; \quad (6.30)$$

$$I_{kd} \geq I_{dc} = \frac{I_{mmMax}}{\alpha_m} + k_{dt} \sum_1^{n-1} I_n, \quad (6.31)$$

trong đó: k_{dt} - hệ số đồng thời;

$\sum_1^n I_n$ - tổng các dòng điện định mức của cả nhóm;

I_{mmMax} - dòng điện khởi động lớn nhất của một động cơ;

$\sum_1^{n-1} I_n$ - tổng các dòng điện định mức trừ động cơ lớn nhất.

Giá trị lớn trong 2 điều kiện trên sẽ được chọn làm dòng khởi động của dây chảy theo giá trị gần nhất về phía trên của thang dây chảy.

- Đối với các thiết bị làm việc theo chế độ ngắn hạn lặp lại như máy biến áp hàn:

$$I_{kd} \geq I_{dc} = 1,2 I_n \sqrt{\varepsilon_n} , \quad (6.32)$$

trong đó: I_n - dòng điện định mức của thiết bị;

ε_n - hệ số tiếp điện định mức.

b. Aptomat

Dòng khởi động của phân tử nhiệt aptomat cũng được chọn giống như đối với cầu chảy. Dòng khởi động cắt nhanh của cuộn điện từ của aptomat phải thỏa mãn điều kiện

$$I_{kdCN} \geq (1,25 \div 1,5) I_{mm} \quad (6.33)$$

Để aptomat có thể bảo vệ cho đường dây, tiết diện dây dẫn được chọn phải phù hợp với dòng khởi động của thiết bị bảo vệ theo điều kiện sau:

$$k_{ld} I_{cp} \geq k_{bv} I_{kd} , \quad (6.34)$$

trong đó: I_{cp} - dòng điện cho phép lâu dài của dây dẫn ở điều kiện lắp đặt bình thường;

k_{ld} - hệ số tính đến sự thay đổi của điều kiện lắp đặt;

k_{bv} - bội số dòng điện cho phép, phụ thuộc vào mạng điện và điều kiện bảo vệ.

c. Khởi động từ: Khởi động từ được chọn giống như aptomat.

2. BÀI GIẢI MẪU

Bài 6.1: Hãy chọn thanh cái 10 kV cho trạm biến áp, biết giá trị phụ tải là $S = 5470$ kVA, giá trị dòng ngắn mạch 3 pha $I_k^{(3)} = 9,75$ kA, $i_{xk} = 24,4$ kA; thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4950$ h, nhiệt độ trung bình của môi trường xung quanh là 30°C , thời gian tồn tại giả định của dòng ngắn mạch là $t_k = 0,35$ s. Dự định chọn thanh nhôm.

Giải: Dự định chọn thanh cái bằng nhôm (ứng với nhiệt độ trung bình của môi trường là 25 °C thì nhiệt độ đốt nóng cho phép là 70 °C. Trước hết ta xác định dòng điện làm việc lớn nhất chạy qua thanh cái

$$I_{lv} = \frac{S_1}{\sqrt{3}U} = \frac{5450}{\sqrt{3}10,5} = 299,67 \text{ A}$$

Xác định hệ số hiệu chỉnh

$$k_{hc} = \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta_{ott}}{\theta_{cp} - \theta_{otc}}} = \sqrt{\frac{70 - 30}{70 - 25}} = 0,943$$

Giá trị dòng làm việc lớn nhất có tính đến sự hiệu chỉnh nhiệt độ

$$I_{lvM} = \frac{I_{lv}}{k_{hc}} = \frac{299,67}{0,943} = 317,85 \text{ A}$$

Tra bảng 9.pl.BT, ứng với thời gian sử dụng cực đại $T_M = 4950$ ta tìm được mật độ dòng điện kinh tế $j_{kt} = 1,1 \text{ A/mm}^2$, do đó tiết diện của thanh cái được xác định

$$F_c = \frac{I_{lvM}}{j_{kt}} = \frac{317,85}{1,1} = 288,95 \text{ mm}^2$$

Chọn thanh cái nhôm kích thước $50 \times 6 = 300 \text{ mm}^2$; chiều dài mỗi nhịp 1,4 m, khoảng cách giữa các pha $a = 0,60 \text{ m}$.

Theo bảng 8.pl.BT ta tra được giá trị hệ số $C_1 = 88$.

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt

$$F_{Tc.min} = I_k^{(3)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_1} = 9,75 \cdot \frac{\sqrt{0,35}}{88} 10^3 = 64,34 < 300 \text{ mm}^2$$

Vậy điều kiện ổn định nhiệt rất đảm bảo.

Kiểm tra điều kiện ổn định động:

Momen uốn:

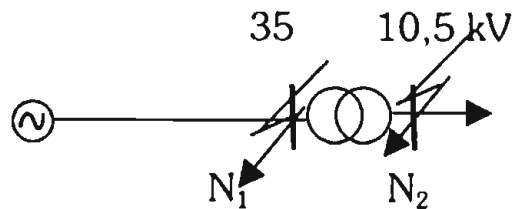
$$M = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{l^2 i_{ik}^2}{10 \cdot a} = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{140^2 \cdot 24400^2}{10 \cdot 60} = 14,03 \text{ kG,cm};$$

Momen chống uốn: $W = 0,167b^2h = 0,167 \cdot 0,6^2 \cdot 5 = 0,3 \text{ cm}^3$

$$\text{ứng suất: } \sigma_{tt} = \frac{M}{W} = \frac{16,1}{0,3} = 46,67 \text{ kG/cm}^2 < \sigma_{cp} = 700 \text{ kG/cm}^2.$$

Vậy điều kiện ổn định động đảm bảo.

Bài 6.2: Hãy chọn thanh cái cho trạm biến áp 35/10,5 kV với máy TMH.1600/35, giá trị dòng ngắn mạch 3 pha $I_{k1}^{(3)} = 1,75$ kA, $i_{xk1} = 4,46$ kA; $I_{k2}^{(3)} = 5,32$ kA, $i_{xk1} = 13,57$ kA thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4550$ h, nhiệt độ trung bình của môi trường xung quanh là 28 °C, thời gian tồn tại giả định của dòng ngắn mạch là $t_{k1} = 0,65$ s. $t_{k2} = 1,25$ s. Dự định chọn thanh nhôm.



Giải: Dự định chọn thanh cái bằng nhôm (ứng với nhiệt độ trung bình của môi trường là 25 °C) thì nhiệt độ đốt nóng cho phép là 70 °C. Vì đầu bài không cho biết giá trị của phụ tải nên ta dựa vào dòng điện định mức của máy biến áp để chọn tiết diện thanh cái. Trước hết ta xác định dòng điện định mức chạy qua thanh cái phía cao áp 35 kV và coi đó là dòng điện làm việc.

$$I_{lv1} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3}U} = \frac{1600}{\sqrt{3}.35} = 26,39 \text{ A}$$

Xác định hệ số hiệu chỉnh

$$k_{hc} = \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta_{out}}{\theta_{cp} - \theta_{otc}}} = \sqrt{\frac{70 - 28}{70 - 25}} = 0,966$$

Giá trị dòng làm việc lớn nhất có tính đến sự hiệu chỉnh nhiệt độ

$$I_{lvM1} = \frac{I_{lv1}}{k_{hc}} = \frac{26,39}{0,966} = 27,32 \text{ A}$$

Xác định tương tự dòng điện làm việc lớn nhất phía 10,5 kV

$$I_{lv2} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3}U} = \frac{1600}{\sqrt{3}.10,5} = 88 \text{ A}$$

$$I_{lvM2} = \frac{I_{lv2}}{k_{hc}} = \frac{88}{0,966} = 91 \text{ A}$$

Tra bảng 9.pl.BT, ứng với thời gian sử dụng cực đại $T_M = 4550$ ta tìm được mật độ dòng điện kinh tế $j_{k1} = 1,1$ A/mm², do đó tiết diện của thanh cái phía 35 kV được xác định

$$F_c = \frac{I_{lvM}}{j_{kt}} = \frac{27,32}{1,1} = 21,83 \text{ mm}^2$$

Đối với phía cao áp 35 kV ta chọn thanh cái mềm AC-35

Theo bảng 8.pl.BT ta tra được giá trị hệ số $C_1 = 88$.

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt

$$F_{Tc.min} = I_k^{(3)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_1} = 1,75 \cdot \frac{\sqrt{0,65}}{88} 10^3 = 16,28 < 35 \text{ mm}^2$$

Vậy điều kiện ổn định nhiệt rất đảm bảo.

Đối với thanh cái mềm không cần kiểm tra điều kiện ổn định động

Tiết diện của thanh cái phía 10,5 kV được xác định

$$F_c = \frac{I_{lvM2}}{j_{kt}} = \frac{91}{1,1} = 82,79 \text{ mm}^2$$

Chọn thanh cái nhôm kích thước $50 \times 5 = 250 \text{ mm}^2$; chiều dài mỗi nhịp 1,4 m, khoảng cách giữa các pha $a = 0,60 \text{ m}$.

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt

$$F_{Tc.min} = I_k^{(3)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_1} = 5,32 \cdot \frac{\sqrt{1,25}}{88} 10^3 = 67,59 < 250 \text{ mm}^2$$

Kiểm tra điều kiện ổn định động:

Momen uốn:

$$M = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{l^2 \cdot i_{ixk}^2}{10 \cdot a} = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{150^2 \cdot 13570^2}{10 \cdot 60} = 121,46 \text{ kG,cm}$$

Momen chống uốn: $W = 0,167b^2h = 0,167 \cdot 0,5^2 \cdot 5 = 0,301 \text{ cm}^3$

ứng suất: $\sigma_u = \frac{M}{W} = \frac{121,46}{0,301} = 404,07 \text{ kG/cm}^2 < \sigma_{c,p} = 700 \text{ kG/cm}^2$. (bảng 11.pl.BT)

Vậy điều kiện ổn định động đảm bảo.

Bài 6.3. Hãy chọn cáp điện lực cho mạng điện hạ áp 380 V được cung cấp từ trạm biến áp 10/0,4 kV với máy biến áp TM-560/10, chiều dài đường cáp là 150 m có phụ tải là $S = 170 \text{ kVA}$, $\cos\varphi = 0,8$; thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4500 \text{ h}$; cáp được đặt trong hào chung có số lượng dây cáp là $n = 4$, khoảng cách giữa các dây cáp là 100 mm nhiệt độ trung bình của

môi trường là 20 °C. Biết hao tổn điện áp cho phép $\Delta U_{cp} = 5,5\%$; Công suất ngắn mạch tại thanh cái 10 kV của trạm biến áp là $S_k = 215$ MVA, thời gian tồn tại của dòng ngắn mạch $t_k = 1,25$ s.

Giải:

10 0,4 kV

Cách 1: Chọn cáp theo hao tổn điện áp cho phép:



Xác định dòng công suất chạy trên đường dây

$$P = S \cdot \cos\varphi = 170 \cdot 0,8 = 136 \text{ kW} \text{ và } Q = S \cdot \sin\varphi = 102 \text{ kVAr}$$

Hao tổn điện áp cho phép trong hệ đơn vị có tên

$$\Delta U_{cp} = \frac{U \cdot \Delta U_{cp} \%}{100} = \frac{380 \cdot 5,5}{100} = 20,9 \text{ V}$$

Trước hết cho giá trị $x_0 = 0,1 \Omega/\text{km}$ và xác định thành phần phản kháng của hao tổn điện áp

$$\Delta U_x = \frac{Q \cdot x_0 \cdot l}{U} = \frac{102 \cdot 0,1 \cdot 0,15}{0,38} = 4,03 \text{ V};$$

Thành phần tác dụng: $\Delta U_R = \Delta U_{cp} - \Delta U_x = 20,9 - 4,03 = 16,87 \text{ V}$

Tiết diện dây dẫn

$$F = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot U_n \cdot \Delta U_R} = \frac{136 \cdot 150}{54 \cdot 0,38 \cdot 16,87} = 58,92 \text{ mm}^2.$$

Chọn dây cáp lõi đồng loại XLPE cách điện PVC có tiết diện 70 mm² với dòng điện cho phép là 360 A; suất điện trở $r_0 = 0,27$ và $x_0 = 0,083 \Omega/\text{km}$. (bảng 37.pl) [1]

Hao tổn thực tế

$$\Delta U = \frac{136 \cdot 0,27 + 102 \cdot 0,083}{0,38} \cdot 0,15 = 17,84 \text{ V} < \Delta U_{cp} = 20,9 \text{ V}$$

Vậy dây dẫn đã chọn là đảm bảo yêu cầu về chất lượng điện. Tuy nhiên theo yêu cầu về nhiệt độ đốt nóng cho phép dòng điện cho phép của cáp 70 mm² là 235 A, trong khi đó dòng điện làm việc thực tế của mạng là:

Dòng điện làm việc :

$$I_{lv} = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{170}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 258,29 \text{ A} > I_{cp} = 235 \text{ A}$$

Tức là dòng điện cho phép của cáp đã chọn nhỏ hơn dòng làm việc. Vậy yêu cầu về nhiệt độ đốt nóng cho phép không đảm bảo nên cần chọn cáp có tiết diện 95 mm².

Cách 2: Chọn dây cáp theo mật độ dòng điện kinh tế

Hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ:

Đối với cáp hạ áp nhiệt độ cho phép là 80°C (bảng 10.pl.BT), căn cứ vào số lượng cáp đi chung ta tra bảng 42.pl [1] tìm được $k_1 = 0,8$. Hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ

$$k_2 = \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta_{oit}}{\theta_{cp} - \theta_{otc}}} = \sqrt{\frac{80 - 20}{80 - 15}} = 0,96$$

Giá trị hiệu chỉnh của dòng điện làm việc

$$I_{lvHc} = \frac{I_{lv}}{k_1 k_2} = \frac{170}{0,8 \cdot 0,96} = 336 \text{ A};$$

Ứng với $T_M = 4500 \text{ h}$ tra bảng 9.pl.BT ta tìm được mật độ dòng điện kinh tế $j_{kt} = 3,1 \text{ A/mm}^2$ cho cáp lõi đồng, vậy tiết diện dây dẫn là

$$F_c = \frac{I_{lv.Hc}}{j_{kt}} = \frac{336}{3,1} = 108,4 \text{ mm}^2;$$

Chọn cáp lõi đồng XLPE cách điện PVC có tiết diện 120 mm^2 .

Cách 3: Chọn cáp theo nhiệt độ dốt nóng cho phép:

Căn cứ vào giá trị $I_{lv.Hc}$ tra bảng 37.pl [1] ta chọn cáp XLPE cách điện PVC có tiết diện 150 mm^2 với dòng điện cho phép là 360 A $r_0 = 0,12$ và $x_0 = 0,077 \Omega/\text{km}$.

Để kiểm tra cáp ở chế độ sự cố ngắn mạch, trước hết ta cần xác định giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm cuối của đường cáp, chọn cấp điện áp cơ bản là $0,38 \text{ kV}$. Với máy biến áp TM-560/10 tra bảng 14.pl [1] ta tìm được $\Delta P_k = 9,4 \text{ kW}$ và $U_k = 5,5\%$.

Xác định điện trở của các phần tử:

- Hệ thống:

$$X_{Ht} = \frac{U_{cb}^2}{S_k} = \frac{0,38^2}{215} = 0,672 \cdot 10^{-3} \Omega = 0,672 \text{ m}\Omega$$

Máy biến áp:

$$Z_B = \frac{U_k U_{cb}^2}{100 \cdot S_{BA}} = \frac{5,5 \cdot 0,38^2}{100 \cdot 0,56} = 25,32 \cdot 10^{-3} \Omega = 25,32 \text{ m}\Omega$$

$$R_B = \frac{\Delta P_k U_{cb}^2}{S_{BA}^2} = \frac{9,4 \cdot 0,38^2}{0,56^2 \cdot 10^3} = 2,42 \cdot 10^{-3} \Omega = 2,42 \text{ m}\Omega$$

$$X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = 10^{-3} \sqrt{25,32^2 - 2,42^2} = 25,2 \cdot 10^{-3} \Omega = 25,2 \text{ m}\Omega$$

Đường dây:

$$R_d = r_0 l = 0,12 \cdot 0,15 = 18 \cdot 10^{-3} \Omega = 18 \text{ m}\Omega$$

$$X_d = x_0 l = 0,077 \cdot 0,15 = 11,55 \cdot 10^{-3} \Omega = 11,55 \text{ m}\Omega$$

Điện trở ngắn mạch 3 pha:

$$Z_k = \sqrt{(2,42 + 18)^2 + (0,67 + 25,2 + 11,55)^2} = 42,64 \text{ m}\Omega;$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha:

$$I_k^{(3)} = \frac{U_{ch}}{\sqrt{3} \cdot Z_k} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 42,64} = 5,14 \text{ kA.}$$

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt của cáp

$$F_{Tc.min} = I_k^{(3)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_t} = 5,14 \cdot \frac{\sqrt{1,25}}{159} \cdot 10^3 = 36,18 < 150 \text{ mm}^2$$

Đối với cáp đồng cách điện PVC ta có $C_t = 159$ (bảng 8.pl.BT);

Như vậy cáp đã chọn đảm bảo điều kiện ổn định nhiệt

Bài 6.4. Hãy chọn máy cắt và dao cách ly cho mạng điện 10 kV, biết công suất truyền tải trên mạng điện là $S = 2540 \text{ kVA}$; giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm đặt thiết bị là $I_k = 3,35 \text{ kA}$, $t_k = 0,65 \text{ s}$

Giải: Trước hết ta xác định dòng điện làm việc của mạng

$$I_{lv} = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{25400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 146,65 \text{ A}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích

$$I_{xk} = q_{xk} \cdot I_k = 1,52 \cdot 3,35 = 5,1 \text{ kA}$$

Căn cứ vào số liệu tính toán ta chọn máy cắt dầu loại BMĐ-10 và dao cách ly PBP(3)-10/630, các số liệu tính toán kiểm tra được thể hiện trong bảng sau

Tham số	Điều kiện	Tham số máy cắt		Tham số dao cách ly	
		Tính toán	BMĐ-10	Tính toán	PBP(3)-10/630
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Điện áp, kV	$U_n \geq U$	10	10	10	10

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Phụ tải	$I_n \geq I_{lvM}$	200	146,65	630	146,65
Ổn định nhiệt, kA	$I_{odMC} \geq I_k^{(3)} \sqrt{\frac{t_k}{t_{od}}}$	$3,35 \sqrt{\frac{0,65}{1}} = 22,7$	10	$3,35 \sqrt{\frac{0,65}{4}} = 1,35$	15
Ổn định động	$i_{Mc} \geq I_{xk}$	$1,52 \cdot 3,35 = 5,1$	7,2	5,1	50
Khả năng cắt, kA	$I_{cát} \geq I_k^{(3)}$	3,35	5,5		

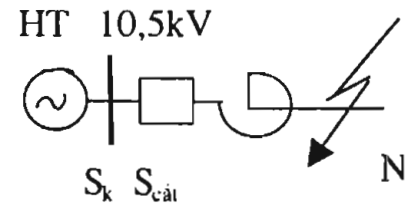
Bài 6.5. Hệ thống điện có công suất ngắn mạch trên thanh cái là 10 kV là $S_k = 1280$ MVA. Hãy chọn kháng điện để công suất ngắn mạch lớn nhất không vượt quá giá trị của công suất cắt máy cắt $S_{cát} = 350$ MVA, dòng điện làm việc lớn nhất $I_{lv.M} = 895$ A

Giải:

Trước hết chọn các đại lượng cơ bản là:

$$S_{cb} = 100 \text{ MVA}, U_{cb} = 10,5 \text{ kV},$$

$$I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cb}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ kA}$$



Chọn cuộn kháng điện có các giá trị định mức:

$$U_{nkd} = 10 \text{ kV và } I_{nkd} = 1,2 \text{ kA}, S_{kd} = \sqrt{3} \cdot U_{nkd} \cdot I_{nkd} = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 1,2 = 20,875 \text{ MVA}$$

Xác định điện trở của hệ thống

$$X_{ht1*} = \frac{S_{cb}}{S_k} = \frac{100}{1280} = 0,08$$

Điện trở của hệ thống ứng với công suất cắt của máy cắt

$$X_{ht2*} = \frac{S_{cb}}{S_{cát}} = \frac{100}{350} = 0,286$$

Điện trở cần thiết của kháng điện

$$X_{kd,tt} = X_{ht2*} - X_{ht1*} = 0,286 - 0,08 = 0,206$$

Ta xác định giá trị điện trở kháng điện ứng với chế độ định mức

$$X_{kd} = X_{kd,tt} \cdot \frac{S_{kd}}{S_{cb}} \left(\frac{U_{cb}}{U_{kd}} \right)^2 = 0,206 \cdot \frac{20,875}{100} \left(\frac{10,5}{10} \right)^2 = 0,048$$

Ta chọn mức gần nhất theo catalogue là $X_{kdc} = 0,05$, tức 5%

Biểu thị giá trị điện trở kháng điện trong hệ đơn vị tương đối cơ bản

$$X_{kd*} = X_{kdc} \frac{S_{cb}}{S_{kd}} \left(\frac{U_{kd}}{U_{cb}} \right)^2 = 0,05 \cdot \frac{100}{20,875} \left(\frac{10}{10,5} \right)^2 = 0,22;$$

Xác định điện áp dư trên cuộn kháng điện khi có ngắn mạch

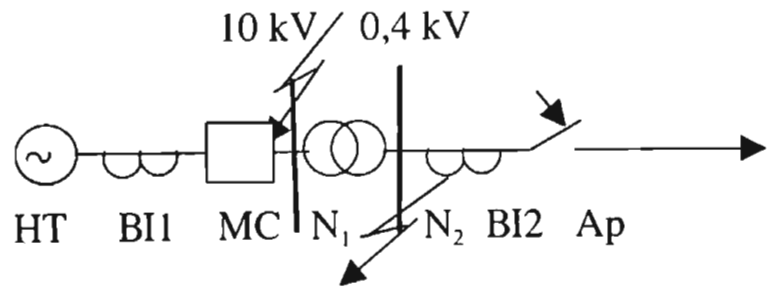
$$U\%_d = X_{kdc} \cdot \frac{I_{cb}}{I_{kd}} \cdot 100 = 0,05 \cdot \frac{5,5}{1,2} \cdot 100 = 77,32 > 65\%$$

Như vậy kháng điện vừa chọn đảm bảo yêu cầu kỹ thuật

Giá trị dòng ngắn mạch sau cuộn kháng điện

$$I_k = \frac{I_{cb}}{X_{ht1*} + X_{kd*}} = \frac{5,5}{0,08 + 0,22} = 18,56 \text{ kA}$$

Bài 6.6. Hãy chọn thiết bị cho trạm biến áp với máy công suất 320 kVA do Việt nam chế tạo, công suất ngắn mạch của hệ thống là $S_{kht} = 168 \text{ MVA}$, thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4500 \text{ h}$, thời gian đặt của bảo vệ role là $t_{nv} = 1,2\text{s}$; nhiệt độ trung bình của môi trường xung quanh là 28°C



Giải:

Theo mã hiệu của máy biến áp ta tìm được các tham số của máy:

$$S_{ba} = 320 \text{ kVA}; \Delta P_k = 6,2 \text{ kW}; U_k = 5,5\%.$$

Trước hết cần xác định dòng điện ngắn mạch tại các điểm N_1 và N_2 :

Chọn $U_{cb} = 0,4 \text{ kV}$, ta xác định điện trở của các phần tử trong hệ đơn vị có tên:

$$X_{H1} = \frac{U_{cb}^2}{S_k} = \frac{0,4^2}{168} = 0,952 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$Z_B = \frac{U_k U_{cb}^2}{100 \cdot S_{BA}} = \frac{5,5 \cdot 0,4^2}{100 \cdot 0,32} = 27,5 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_B = \frac{\Delta P_k U_{cb}^2}{S_{BA}^2} = \frac{6,2 \cdot 0,4^2}{320^2 \cdot 10^{-3}} = 9,69 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = 10^{-3} \sqrt{27,5^2 - 9,69^2} = 25,74 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Tổng trở ngắn mạch đến điểm N_1 là $Z_{k1} = X_{ht} = 0,435 \cdot 10^{-3} \Omega$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại N_1 quy về cấp điện áp thực tế

$$I_{k1} = \frac{U_{ch}}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1}} \cdot \frac{U_{ch}}{U} = \frac{0,4^2}{\sqrt{3} \cdot 0,952 \cdot 10^{-3} \cdot 10} = 9,7 \text{ kA}$$

Dòng điện này thực ra có thể được xác định một cách ngắn gọn theo biểu thức

$$I_{k1} = \frac{S_{kht}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{168}{\sqrt{3} \cdot 10} = 9,7 \text{ kA}$$

Dòng xung kích:

$$i_{xk1} = 2,55 \cdot I_{k1} = 2,55 \cdot 9,7 = 24,73 \text{ kA};$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích:

$$I_{xk1} = 1,52 \cdot I_{k1} = 1,52 \cdot 9,7 = 14,74 \text{ kA};$$

Tổng trở ngắn mạch đến điểm N_2 là

$$Z_{k1} = \sqrt{9,69^2 + (0,952 + 25,74)^2} \cdot 10^{-3} = 28,39 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Dòng ngắn mạch tại điểm N_2

$$I_{k2} = \frac{U_{ch}}{\sqrt{3} \cdot Z_{k2}} = \frac{0,4}{28,39} = 8,13 \text{ kA}$$

Dòng xung kích:

$$i_{xk2} = 2,55 \cdot I_{k2} = 2,55 \cdot 8,13 = 20,74 \text{ kA}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích:

$$I_{xk1} = 1,52 \cdot I_{k2} = 1,52 \cdot 8,13 = 12,36 \text{ kA};$$

Công suất ngắn mạch tại điểm N:

$$S_{k2} = \sqrt{3} \cdot I_{k2} \cdot U = \sqrt{3} \cdot 8,13 \cdot 0,4 = 5,635 \text{ MVA}$$

Xác định dòng làm việc ở 2 phía của máy biến áp:

$$I_{lv1} = \frac{S_{ha}}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{320}{\sqrt{3} \cdot 10} = 134,75 \text{ A};$$

$$I_{lv2} = \frac{S_{ha}}{\sqrt{3} \cdot U_2} = \frac{320}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 461,88 \text{ A};$$

Chọn máy cắt dầu loại BМП-10 và dao cách ly PB-10/400; thời gian cắt của bản thân máy cắt là $t_{Mc}=0,2$ s, như vậy thời gian giả định của dòng ngắn mạch sẽ là

$$t_{gd} = t_{bv} + t_{Mc} = 1,2 + 0,2 = 1,4 \text{ s.}$$

Chọn máy cắt và dao cách ly: Theo số liệu tính toán ta chọn máy cắt dầu loại BМП-10 và dao cách ly PB-10/400. Các tham số tính toán được thể hiện trong bảng sau:

Chỉ tiêu kiểm tra	Máy cắt		Dao cách ly	
	Th. số tính toán	BМП-10	T.số tính toán	PB-10/400
Điện áp, kV	10	10	10	10
Dòng làm việc, A	184,75	630	184,75	400
Ổn định nhiệt, $kA^2 \cdot s$	$9,7^2 \cdot 1,4 = 131,73$	$20^2 \cdot 1 = 400$	$9,7^2 \cdot 1,4 = 131,73$	$10^2 \cdot 10 = 1000$
Ổn định động, kA	$i_{xkl} = 24,73$	$i_{Mc} = 52$	24,73	50
Dòng cắt, kA	$I_{kl} = 9,7$	$I_{cắt} = 20$		

Kết quả tính toán cho thấy các thiết bị đã chọn hoàn toàn thỏa mãn các yêu cầu cần thiết.

* Chọn thanh cái 10 kV:

Dự định chọn thanh cái bằng đồng (ứng với nhiệt độ trung bình của môi trường là $25^\circ C$ thì nhiệt độ đốt nóng cho phép là $70^\circ C$ (bảng 8.pl.BT). Xác định hệ số hiệu chỉnh

$$k_{hc} = \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta_{out}}{\theta_{cp} - \theta_{otc}}} = \sqrt{\frac{70 - 28}{70 - 25}} = 0,966$$

Giá trị dòng làm việc lớn nhất có tính đến sự hiệu chỉnh nhiệt độ

$$I_{lvM1} = \frac{I_{lv1}}{k_{hc}} = \frac{134,75}{0,966} = 139,5 \text{ A};$$

$$I_{lvM2} = \frac{I_{lv2}}{k_{hc}} = \frac{461,88}{0,966} = 478,1 \text{ A}$$

Tra bảng 9.pl.BT, ứng với thời gian sử dụng cực đại $T_M = 4500$ ta tìm được mật độ dòng điện kinh tế $j_{kt} = 2,1 \text{ A/mm}^2$, do đó tiết diện của thanh cái được xác định

$$F_c = \frac{I_{lvM}}{j_{kt}} = \frac{139,5}{2,1} = 66,4 \text{ mm}^2;$$

Chọn thanh cái đồng kích thước $40 \times 4 = 160 \text{ mm}^2$; chiều dài mỗi nhịp 1,5 m, khoảng cách giữa các pha $a = 0,60 \text{ m}$.

Theo bảng 8.pl.BT ta tra được giá trị hệ số $C_1 = 171$.

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt

$$F_{Tc.min} = I_{kt} \frac{\sqrt{t_k}}{C_1} = 9,7 \cdot \frac{\sqrt{1,4}}{171} 10^3 = 67,11 < 160 \text{ mm}^2$$

Vậy điều kiện ổn định nhiệt rất đảm bảo.

Kiểm tra điều kiện ổn định động:

$$\text{Momen uốn: } M = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{l^2 i_{xk}^2}{10 \cdot a} = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{150^2 24730^2}{10 \cdot 60} = 403,76 \text{ kG.cm};$$

$$\text{Momen chống uốn: } W = 0,167bh^2 = 0,167 \cdot 0,4 \cdot 4^2 = 1,07 \text{ cm}^3$$

$$\text{Ứng suất: } \sigma_{\text{II}} = \frac{M}{W} = \frac{403,76}{1,07} = 377,77 \text{ kG/cm}^2 < \sigma_{cp} = 1400 \text{ kG/cm}^2.$$

Vậy điều kiện ổn định động đảm bảo.

Tính toán tương tự cho thanh cái hạ áp, kết quả ghi trong bảng sau

Chỉ tiêu kiểm tra	Biểu thức tính	Thanh cái cao áp	Th. cái hạ áp
Điện áp, kV	U	10	0,4
Dòng làm việc, A	$I_{lv.M}$	191,24	478,1
Tiết diện, mm^2	F	40x4	50x5
Bố trí thanh cái, cm	l, a	$l_1 = 150, a_1 = 60$	$l_2 = 125, a_1 = 15$
Ổn định nhiệt, $\text{kA}^2 \cdot \text{s}$	$I_{kt} \frac{\sqrt{t_k}}{C_1}$	67,11	56,28
Momen uốn, kG.cm	$M = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{l^2 i_{xk}^2}{10 \cdot a}$	403,76	788,66
Momen chống uốn, kG/cm^2	$0,167 \cdot b \cdot h^2$	1,069	2,088
Ứng suất	$\sigma_{\text{II}} = \frac{M}{W}$	377,77	377,8

* **Chọn sứ cách điện:** Theo bảng 34.pl [1] ta chọn sứ OΦ-10-750

có $U = 10 \text{ kV}$; lực phá huỷ $F_{ph} = 750 \text{ kG}$;

Lực cho phép trên đầu sứ là $F_{cp} = 0,6 F_{ph} = 0,6 \cdot 750 = 450 \text{ kG}$;

$$\text{Lực tính toán } F_u = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot I_{ixk}^2 = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot 150 \cdot \frac{24730^2}{60} = 26,91 \text{ kG}$$

$$\text{Hệ số hiệu chỉnh } k = H'/H = 17,5/15 = 1,17;$$

$$\text{Lực tính toán hiệu chỉnh } kF_u = 1,17 \cdot 26,91 = 31,49 < F_{cp} = 450 \text{ kG}$$

Vậy sử đặt yêu cầu về độ bền cơ học.

Chọn máy biến dòng (bảng 27.pl) [1]:

Chỉ tiêu kiểm tra	BI phía 10 kV		BI phía 0,4 kV	
	Th. số tính toán	4MA72	T.số tính toán	TKJI- 0,5
Điện áp, kV	10	12	0,4	0,4
Dòng làm việc, A	184,75	$I_{n1} = 200$	184,75	300
Ổn định nhiệt, $kA^2 \cdot s$	$9,7^2 \cdot 1,4 = 131,73$	$80^2 \cdot 1 = 6400$		
ổn định động, kA	$I_{xkl} = 14,74$	$I_{xk.BI} = 120$		
Cấp chính xác		1		1
Phụ tải S_2 , VA	4,525	15	4,525	20

Phụ tải của máy biến dòng

Thiết bị đo đếm	Công suất tiêu thụ các pha, VA		
	A	B	C
Ampemet điện từ	1,75	1,75	1,75
Watmet tác dụng 3 pha 2 phần tử	1,25	-	1,25
Watmet phản kháng	-	1,75	-
Công tơ tác dụng 3 pha 2 phần tử	1,25	-	1,25
Công tơ phản kháng	0,275	0,55	0,275
Tổng	4,525	4,05	4,525

Chọn tiết diện dây dẫn cho mạch nhị thứ của máy biến dòng:

Tổn hao công suất cho phép trong mạch nhị thứ

$$\Delta S = S_{BI} - S_{pt} = 15 - 4,525 = 10,475 \text{ VA};$$

$$\text{Mặt khác } \Delta S = I_{n2}^2 \cdot r_d = 5^2 \cdot r_d = 10,475 \text{ VA}$$

$$\text{Hay } r_d = 10,475/25 = 0,419 \Omega$$

Giả thiết chiều dài từ các máy biến dòng đến các thiết bị đo đếm là $l = 35$ m; Chọn sơ đồ nối các máy biến dòng theo hình sao, nên chiều dài tính toán $l_{tt} = l = 35$ m;

Tiết diện dây dẫn được xác định:

$$F_d = \frac{l_{tt}}{\gamma \cdot r_d} = \frac{35}{53 \cdot 0,419} = 1,58 \text{ mm}^2 \text{ chọn dây đồng tiết diện } 2,5 \text{ mm}^2$$

Chọn aptomat

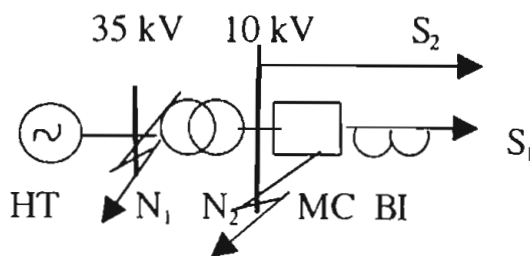
Căn cứ vào dòng làm việc ta chọn aptomat loại NS 600E (bảng 31.pl.)[1] của hãng Merlin Gerin với các tham số

Tham số	Tính toán	Aptomat NS 600E
Điện áp, V	400	500
Dòng điện, A	461,88	600
Dòng cắt, kA	8,13	15

Bài 6.7. Hãy chọn các thiết bị của trạm biến áp 35/10 kV gồm 2 lộ ra với công suất trên lộ 1 $S_1 = 1350$ kVA và của lộ 2 là $S_2 = 1670$ kVA (hình vẽ), hệ số đồng thời $k_{dt} = 0,85$. Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4550$ h; thời gian tồn tại của dòng ngắn mạch $t_k = 1,2$ giây. nhiệt độ trung bình của môi trường xung quanh là $\theta = 28^\circ\text{C}$.

Các thông số ngắn mạch tại điểm N_1 và N_2 cho trong bảng sau:

Điểm nm	$I_k^{(3)}$, kA	i_{xk} , kA	I_{xk} , kA	S_k , MVA
N_1	12,4	31,65	18,87	215
N_2	2,07	5,3	3,16	37,77



Giải:

* Chọn thanh cái:

Dòng điện làm việc chạy trên thanh cái

$$I_{lvTc} = \frac{k_{dt}(S_1 + S_2)}{\sqrt{3}U} = \frac{0,85(1350 + 1670)}{\sqrt{3}310,5} = 141,15 \text{ A};$$

Dự định chọn thanh cái bằng đồng (ứng với nhiệt độ trung bình của môi trường là 25 °C thì nhiệt độ đốt nóng cho phép là 70 °C (bảng 8.pl.BT). Xác định hệ số hiệu chỉnh

$$k_{hc} = \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta_{out}}{\theta_{cp} - \theta_{otc}}} = \sqrt{\frac{70 - 27}{70 - 25}} = 0,977$$

Giá trị dòng làm việc lớn nhất có tính đến sự hiệu chỉnh nhiệt độ

$$I_{lvM} = \frac{I_{lv}}{k_{hc}} = \frac{141,15}{0,977} = 144,4 \text{ A};$$

Tra bảng bảng 9.pl.BT, ứng với thời gian sử dụng cực đại $T_M = 4550$ đối với thanh nhôm ta tìm được mật độ dòng điện kinh tế $j_{kt} = 1,1 \text{ A/mm}^2$, do đó tiết diện của thanh cái được xác định

$$F_c = \frac{I_{lvM}}{j_{kt}} = \frac{144,4}{1,1} = 131,27 \text{ mm}^2;$$

Chọn thanh cái bằng nhôm kích thước $40 \times 5 = 200 \text{ mm}^2$; chiều dài mỗi nhịp 1,25 m, khoảng cách giữa các pha $a = 0,60 \text{ m}$.

Theo bảng 8.pl.BT đối với thanh nhôm, ta tra được giá trị hệ số $C_1 = 88$

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt

$$F_{Tc.min} = I_{k2} \frac{\sqrt{t_k}}{C_1} = 2,07 \cdot \frac{\sqrt{1,2}}{88} 10^3 = 25,77 < 200 \text{ mm}^2$$

Vậy điều kiện ổn định nhiệt rất đảm bảo. Kiểm tra điều kiện ổn định động:

Momen uốn:

$$M = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{l^2 i_{ik}^2}{10 \cdot a} = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{125^2 5300^2}{10 \cdot 60} = 12,87 \text{ kG.cm};$$

Momen chống uốn: $W = 0,167 b^2 h = 0,167 \cdot 0,5^2 \cdot 4 = 0,167 \text{ cm}^3$

Ứng suất: $\sigma_u = \frac{M}{W} = \frac{12,87}{0,167} = 77,09 \text{ kG/cm}^2 < \sigma_{cp} = 700 \text{ kG/cm}^2$.

Vậy điều kiện ổn định động đảm bảo.

* *Chọn sứ cách điện:* Theo bảng 34.pl ta chọn sứ Oφ-10-375 có $U = 10 \text{ kV}$; lực phá huỷ

$$F_{ph} = 375 \text{ kG};$$

Lực cho phép trên đầu sứ là $F_{cp} = 0,6 F_{ph} = 0,6 \cdot 375 = 225 \text{ kG}$;

$$\text{Lực tính toán } F_{II} = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot 1 \frac{i_{ixk}^2}{a} = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot 125 \cdot \frac{5300^2}{60} = 1,03 \text{ kG}$$

$$\text{Hệ số hiệu chỉnh } k = H'/H = 17,5/15 = 1,17;$$

$$\text{Lực tính toán hiệu chỉnh } kF_{II} = 1,17 \cdot 1,03 = 1,205 < F_{c,p} = 225 \text{ kG}$$

Vậy sứ đạt yêu cầu về độ bền cơ học.

Chọn máy cắt và dao cách ly: Dòng làm việc của lộ thứ nhất

$$I_{Ivl} = \frac{S_1}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1350}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 74,23 \text{ A}$$

Theo số liệu tính toán ta chọn máy cắt dầu loại BМΠ-10 và dao cách ly PB-10/400 (bảng 25 và 26.pl) [1]. Các tham số tính toán được thể hiện trong bảng sau:

Chỉ tiêu kiểm tra	Máy cắt		Dao cách ly	
	Th. số tính toán	BМЭ-10	T.số tính toán	PB-10/400
Điện áp, kV	10	10	10	10
Dòng làm việc, A	74,23	200	74,23	400
Ổn định nhiệt, $B_n, \text{kA}^2 \cdot \text{s}$	$2,07^2 \cdot 1,2 = 5,14$	$10^2 \cdot 1 = 100$	$2,07^2 \cdot 1,2 = 5,14$	$10^2 \cdot 10 = 1000$
Ổn định động, kA	$i_{xk2} = 5,3$	$i_{Mc} = 25$	5,3	50
Dòng cắt, kA	$I_{k2} = 2,07$	$I_{cát} = 5,8$		

* Chọn máy biến dòng:

Ta chọn máy biến dòng cho lộ tổng là 4MA72 và lộ 1 là 4ME12 (bảng 27.pl) [1] của hãng SIEMENS chế tạo

Chỉ tiêu kiểm tra	BI tổng		BI lộ 1	
	Th. số tính toán	4MA72	T.số tính toán	4ME12
Điện áp, kV	10	12	10	12
Dòng làm việc, A	144,4	$I_{nl} = 200$	74,23	100
Ổn định nhiệt, $B_n, \text{kA}^2 \cdot \text{s}$	$2,07^2 \cdot 1,2 = 5,14$	$80^2 \cdot 1 = 6400$	$2,07^2 \cdot 1,2 = 5,14$	$80^2 \cdot 1 = 6400$
Ổn định động, kA	$I_{xk2} = 3,16$	$I_{xk.BI} = 120$	$I_{xk2} = 3,16$	$I_{xk.BI} = 120$
Cấp chính xác		1		1
Phụ tải S_2, VA	5,775	15	5,775	15

Phụ tải của máy biến dòng

Thiết bị đo đếm	Công suất tiêu thụ các pha, VA		
	A	B	C
Ampemet điện từ	1,75	1,75	1,75
Watmet tác dụng 3 pha 2 phần tử	1,25	-	1,25
Watmet phản kháng	-	1,75	-
Công tơ tác dụng 3 pha 2 phần tử	1,25	-	1,25
Công tơ phản kháng	0,275	0,55	0,275
Rơle dòng	1,25	1,25	1,25
Tổng	5,775	5,30	5,775

Chọn tiết diện dây dẫn cho mạch nhị thứ của máy biến dòng:

Tổn hao công suất cho phép trong mạch nhị thứ

$$\Delta S = S_{BI} - S_{pt} = 15 - 5,775 = 9,225 \text{ VA};$$

Mặt khác $\Delta S = I_{n2}^2 \cdot r_d = 5^2 \cdot r_d$

Từ đó $r_d = \Delta S / I_{n2}^2 = 9,225 / 5^2 = 0,369 \Omega$

Giả thiết chiều dài từ các máy biến dòng đến các thiết bị đo đếm là $l = 40 \text{ m}$; Chọn sơ đồ nối các máy biến dòng theo hình sao, nên chiều dài tính toán $l_u = l = 40 \text{ m}$;

Tiết diện dây dẫn được xác định:

$$F_d = \frac{l_u}{\gamma \cdot r_d} = \frac{40}{53 \cdot 0,369} = 2,05 \text{ mm}^2$$

chọn dây đồng tiết diện $2,5 \text{ mm}^2$

Bài 6. 8. Chọn cầu chảy để bảo vệ mạch điện 380 V cung cấp cho động cơ 20 kW; hệ số $\cos \varphi = 0,8$ hệ số mở máy $k_{mm} = 5,5$ điều kiện khởi động nhẹ, ($\alpha = 2,5$). Kiểm tra dây cáp đồng XLPE tiết diện 35 mm^2 (dòng điện cho phép $I_{cp} = 150 \text{ A}$) đặt trong ống thép (điều kiện bình thường).

Xét hai trường hợp: a, đường dây không cần bảo vệ quá tải; b, cần bảo vệ quá tải.

Giải: Dòng điện định mức của động cơ

$$I_{dc} = I_{dc} \frac{P}{\sqrt{3}U \cdot \cos \varphi} = \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 38 \text{ A}$$

Xác định dòng khởi động của dây chảy

$$I_{dc} \geq \frac{I_{mm}}{\alpha_m} = \frac{k_{mm} \cdot I_{dc}}{\alpha_m} = \frac{5,5 \cdot 38}{2,5} = 83,56 \text{ A}$$

Vậy cần chọn cầu chảy loại ПН2-250/II có dòng định mức là 100 A và dòng khởi động của dây chảy là 150 A (bảng 29.pl)[1]. Kiểm tra sự phù hợp của dây dẫn

a, Trường hợp không cần bảo vệ quá tải bội số $k_{bv} = 0,33$ (bảng 13.pl.BT);

$$0,33 \cdot 100 = 33 < 150 \text{ A}$$

Vậy tiết diện dây dẫn đảm bảo điều kiện đốt nóng cho phép;

b, Trường hợp cần bảo vệ quá tải: $k_{bv} = 1,25$ (bảng 13.pl.BT).

$$1,25 \cdot 100 = 125 \text{ A} < 150$$

Tức là trong cả 2 trường hợp dây cáp được bảo vệ an toàn bởi cầu chảy đã chọn.

Bài 6. 9. Hãy chọn aptômat để bảo vệ mạch điện 380 V cung cấp cho nhóm động cơ gồm 2 máy 10 ; 3 máy 20 và một máy 33 kW; hệ số $\cos\varphi = 0,8$, hệ số mở máy $k_{mm} = 4,5$, điều kiện khởi động nặng nề, ($\alpha_m=1,6$) hệ số đồng thời bằng 0,9. Kiểm tra dây cáp đồng đồng tiết diện 70 mm², có cách điện tấm giấy dầu, đặt trong đất. ($I_{cp}=440\text{A}$)

Giải: Xác định dòng định mức của các động cơ

$$I_{dcM} = \frac{P}{\sqrt{3}U \cdot \cos\varphi} = \frac{45}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 85,46 \text{ A}$$

Tương tự cho các động cơ khác, kết quả ghi trong bảng sau

Số động cơ	1	2	3
P, kW	33	20	10
I_n , A	62,67	37,98	19

Dòng khởi động của aptômat xác định theo biểu thức

$$I_{ap} = \frac{I_{mmMax}}{\alpha_m} + k_{dt} \sum_1^{n-1} I_n = \frac{4,5 \cdot 62,67}{1,6} + 0,9(2 \cdot 37,98 + 3 \cdot 19) = 167,27 + 119,65 = 295,92 \text{ A}$$

Chọn aptômat kiểu A3143 có dòng định mức 600 A, dòng khởi động của móc bảo vệ $I_{kd} = 400 \text{ A}$ (bảng 32.pl)[1]. Kiểm tra sự phù hợp của dây dẫn với cáp cách điện bằng giấy tra bảng 13.pl.BT ta tìm được $k_{bv} = 0,8$. Với cáp đồng cách điện giấy tấm dầu dòng điện cho phép là $I_{cp} = 440 \text{ A}$

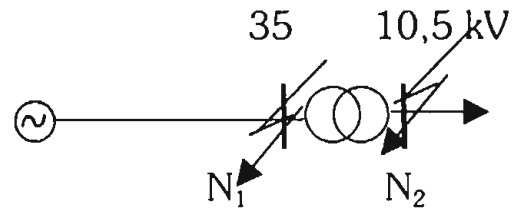
$$k_{bv} I_{kd} = 0,8 \cdot 400 = 320 \text{ A} < 440 \text{ A}$$

Vậy đảm bảo yêu cầu bảo vệ đường cáp

3. BÀI TẬP

6.1: Hãy chọn thanh cái 10 kV cho trạm biến áp, biết giá trị phụ tải là $S = 6870$ kVA, giá trị dòng ngắn mạch 3 pha $I_k^{(3)} = 5,78$ kA, $i_{xk} = 14,74$ kA; thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4500$ h, nhiệt độ trung bình của môi trường xung quanh là 26 °C, thời gian tồn tại giả định của dòng ngắn mạch là $t_k = 0,56$ s. Dự định dùng thanh nhôm.

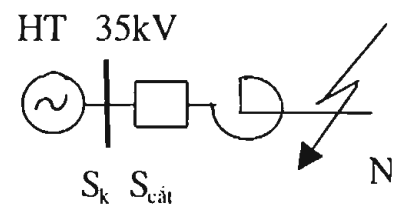
6.2 : Hãy chọn thanh cái cho trạm biến áp 35/10,5 kV với máy TMH.4000/35, giá trị dòng ngắn mạch 3 pha $I_{k1}^{(3)} = 2,54$ kA, $i_{xk1} = 6,48$ kA; $I_{k2}^{(3)} = 7,83$ kA, $i_{xk2} = 19,97$ kA thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4500$ h, nhiệt độ trung bình của môi trường xung quanh là 30 °C, thời gian tồn tại giả định của dòng ngắn mạch là $t_{k1} = 0,4$ s. $t_{k2} = 0,85$ s. Dự định dùng thanh nhôm.



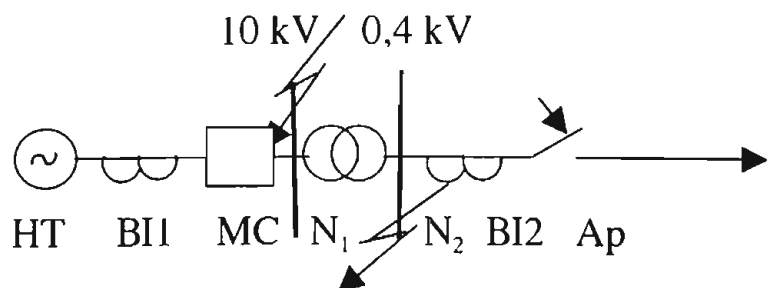
6.3. Hãy chọn cáp điện lực cho mạng điện hạ áp 380V được cung cấp từ trạm biến áp 10/0,4 kV với máy biến áp TM-320/10, chiều dài đường cáp là $l = 210$ m có phụ tải là $S = 85$ kVA, $\cos\phi = 0,82$; thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4550$ h; cáp được đặt trong hào chung có số lượng dây cáp là $n = 3$, khoảng cách giữa các dây cáp là 100 mm nhiệt độ trung bình của môi trường là 20 °C. Biết hao tổn điện áp cho phép $\Delta U_{cp} = 4,5\%$; Công suất ngắn mạch tại thanh cái 10 kV của trạm biến áp là $S_k = 380$ MVA, thời gian tồn tại của dòng ngắn mạch $t_k = 1,35$ s.

6.4. Hãy chọn máy cắt và dao cách ly cho mạng điện 35 kV, biết công suất truyền tải trên mạng điện là $S = 5340$ kVA; giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm đặt thiết bị là $I_k = 4,56$ kA, $t_k = 0,55$ s

6.5. Hệ thống điện có công suất ngắn mạch trên thanh cái là 10 kV là $S_k = 2200$ MVA. Hãy chọn kháng điện để công suất ngắn mạch lớn nhất không vượt quá giá trị của công suất cắt máy cắt $S_{cắt} = 650$ MVA, dòng điện làm việc lớn nhất $I_{lv.M} = 1250$ A



6.6. Hãy chọn thiết bị cho trạm biến áp với máy công suất 560 kVA do Việt Nam chế tạo, công suất ngắn mạch của hệ thống là $S_{kht} = 185$ MVA, thời gian sử dụng công suất cực đại T_M

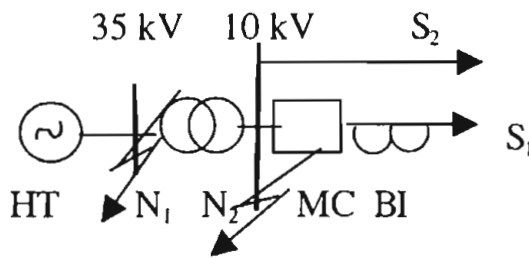


= 4500 h, thời gian đặt của bảo vệ role là $t_{hv} = 1,35s$; nhiệt độ trung bình của môi trường xung quanh là $27^{\circ}C$

6.7. Hãy chọn các thiết bị của trạm biến áp 35/10 kV gồm 2 lộ ra với công suất trên lộ 1 $S_1 = 2160$ kVA và của lộ 2 là $S_2 = 3210$ kVA (hình vẽ), hệ số đồng thời $k_{dt} = 0,8$ Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 5000$ h; thời gian tồn tại của dòng ngắn mạch $t_k = 1,2$ giây. nhiệt độ trung bình của môi trường xung quanh là $\theta = 29^{\circ}C$.

Các thông số ngắn mạch tại điểm N_1 và N_2 cho trong bảng sau:

Điểm nm	$I_k^{(3)}, kA$	i_{xk}, kA	I_{xk}, kA	S_k, MVA
N_1	10,39	26,5	15,8	180
N_2	9,87	25,18	15	179,56



6.8. Chọn cầu chảy để bảo vệ mạch điện 380 V cung cấp cho động cơ 45 kW; hệ số $\cos\varphi = 0,78$ hệ số mở máy $k_{mm} = 5$ điều kiện khởi động nặng nề, ($\alpha = 1,6$). Kiểm tra dây cáp đồng XLPE tiết diện 35 mm^2 (dòng điện cho phép $I_{cp} = 150$ A) đặt trong ống thép (điều kiện bình thường).

Xét hai trường hợp: a, đường dây không cần bảo vệ quá tải; b, cần bảo vệ quá tải.

6.9. Hãy chọn aptômat để bảo vệ mạch điện 380 V cung cấp cho nhóm động cơ gồm 2 máy 20 ; 4 máy 33 và một máy 45 kW; hệ số $\cos\varphi = 0,8$, hệ số mở máy $k_{mm} = 4,5$, điều kiện khởi động nhẹ, hệ số đồng thời bằng 1. Kiểm tra dây cáp đồng XLPE tiết diện 95 mm^2 , có cách điện PVC, đặt trong đất.

Chương 7

BẢO VỆ RƠLE

1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1.1. Bảo vệ dòng điện cực đại

Dòng điện khởi động của bảo vệ dòng cực đại được chọn theo các điều kiện sau

$$I_{kd} = \frac{k_{tc}}{k_{tv}} k_{mm} I_{lvM}; \quad (7.1)$$

trong đó: I_{kd} - dòng khởi động của bảo vệ rơle;

I_{lvM} - dòng điện làm việc cực đại;

k_{mm} - hệ số mở máy trung bình của các động cơ, $k_{mm} = 1,5 \div 3,5$;

k_{tv} - hệ số trở về.

Dòng khởi động của rơle được xác định theo biểu thức

$$I_{kđR} = \frac{k_{tc}}{k_{tv} \cdot n_i} k_{sd} k_{mm} I_{lvM}; \quad (7.2)$$

trong đó: k_{sd} - hệ số sơ đồ, phụ thuộc vào sơ đồ mắc của các rơle;

n_i - hệ số biến dòng. Căn cứ vào giá trị của dòng khởi động của rơle $I_{kđR}$ cần chọn **dòng đặt của rơle** $I_{đR}$ theo giá trị gần nhất của thang dòng điện về phía cao

$$I_{đR} \geq I_{kđR} \quad (7.3)$$

Dòng điện khởi động thực sự của bảo vệ rơle được xác định như sau

$$I_{kđBV} = \frac{I_{đR} \cdot n_i}{k_{sd}} \quad (7.4)$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k.min}}{I_{kđbv}} = \frac{I_{k.min} k_{sd}}{I_{đR} \cdot n_i} \quad (7.5)$$

$I_{k.min}$ – dòng ngắn mạch nhỏ nhất được tính tại điểm cuối của vùng bảo vệ chính và bảo vệ dự phòng, thường được lấy bằng giá trị dòng ngắn mạch 2 pha, có thể xác định dựa theo giá trị của dòng ngắn mạch 3 pha ở cuối vùng bảo vệ theo biểu thức

$$I_{k.min} = 0,87 \cdot I_k^{(3)}$$

Giá trị cho phép của độ nhạy $k_{nh} \geq 1,5$ đối với bảo vệ chính;

$k_{nh} \geq 1,2$ đối với bảo vệ dự phòng.

Kiểm tra máy biến dòng theo điều kiện làm việc tin cậy của cuộn cắt: Dòng định mức sơ cấp của máy biến dòng không nhỏ hơn 3% giá trị dòng ngắn mạch 3 pha tại nơi đặt bảo vệ

$$I_{nI.BI} \geq 0,03 \cdot I_k^{(3)} \quad (7.6)$$

1.2. Bảo vệ cắt nhanh

Dòng khởi động của bảo vệ phải lớn hơn dòng ngắn mạch lớn nhất ở ngoài vùng bảo vệ

$$I_{kdCN} > I_{k.Max.ng} \quad (7.7)$$

trong đó: $I_{k.Max.ng}$ - dòng điện ngắn mạch lớn nhất ở ngoài vùng bảo vệ ;

k_{lc} – hệ số tin cậy.

Đối với máy biến áp, ngoài điều kiện trên còn phải xét đến điều kiện đột biến của dòng từ hoá $I_{kd.CN} > I_{db}$.

Giá trị dòng từ hoá đột biến được xác định theo biểu thức

$$I_{db} = k_{db} \cdot I_{n.BA}$$

k_{db} – hệ số đột biến từ hoá có giá trị trong khoảng 3÷5, tùy thuộc vào loại máy biến áp;

$I_{n.BA}$ – dòng định mức của máy biến áp.

Giá trị lớn nhất trong số các giá trị $I_{k.Max.ng}$ và I_{db} sẽ được chọn làm điều kiện tính toán bảo vệ cắt nhanh. Giả sử $I_{k.Max.ng} > I_{db}$ dòng khởi động được xác định

$$I_{kd.CN} = k_{lc} \cdot I_{k.Max.ng}$$

$$\text{Dòng khởi động của rơle} \quad I_{kdCN.R} = \frac{k_{sd}}{n_i} \cdot k_{lc} \cdot I_{k.Max.ng} \quad (7.8)$$

Căn cứ vào dòng khởi động của rơle $I_{kdCN.RI}$ cần chọn dòng đặt gần nhất I_{dCN} của rơle bảo vệ cắt nhanh, sau đó xác định giá trị dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{bvCN} = \frac{I_{dCN} \cdot n_i}{k_{sd}} \quad (7.9)$$

Độ nhạy được đánh giá theo hệ số nhạy

$$k_{nhCN} = \frac{I_{k\ min}}{I_{bvCN}} \quad (7.10)$$

Đối với bảo vệ chính, hệ số nhạy của bảo vệ cắt nhanh phải lớn hơn hoặc bằng 2.

1.3. Bảo vệ so lệch

Dòng khởi động của bảo vệ so lệch

$$I_{kdSL} = k_{tc} \cdot k_a \cdot k_{cl} \cdot s_i \cdot I_{kMax.ng} \quad (7.11)$$

trong đó: $I_{kMax.ng}$ - dòng ngắn mạch lớn nhất ở ngoài vùng bảo vệ;

k_a - hệ số tính đến ảnh hưởng của thành phần không chu kỳ của dòng ngắn mạch, có giá trị bằng 1 đối với các máy biến dòng có bảo hòa từ và bằng 2 đối với các loại máy biến dòng khác;

k_{cl} - hệ số tính đến đặc tính cùng loại của các máy biến dòng, bằng 0,5 đối với các máy biến dòng hoàn toàn giống nhau và bằng 1 đối với các máy biến dòng khác nhau;

s_i - sai số của máy biến dòng, thường có giá trị là 0,1 (sai số 10%).

a. Đối với máy biến áp

Dòng khởi động của rơle

$$I_{kdR} = \frac{k_{sd}}{n_1} \cdot k_{tc} \cdot I_{kcbMax} \quad (7.12)$$

Dòng không cân bằng được xác định theo biểu thức:

$$I_{kcbMax} = (k_a \cdot k_{cl} \cdot s_i + s_{\Delta Udc} + s_{2i}) \cdot I_{kMax.ng} \quad (7.13)$$

Sai số tương đối do sự chênh lệch các dòng điện thứ cấp của máy biến dòng được xác định theo biểu thức

$$s_{2i} = \frac{I_{2I} - I_{2II}}{I_{2I}} \quad (7.14)$$

Căn cứ vào giá trị tính toán của I_{kdR} chọn dòng đặt của rơle ứng với thang gần nhất I_{dR} , sau đó xác định giá trị dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{bvSl} = \frac{I_{dR} \cdot n_1}{k_{sd}} \quad (7.15)$$

Để giảm sự chênh lệch của các dòng điện thứ cấp người ta sử dụng cuộn dây cân bằng, số vòng dây được mắc thêm vào phía dòng điện lớn. Giả sử dòng $I_{2I} > I_{2II}$, số vòng dây cần thiết phải mắc thêm sẽ là:

$$\omega = \omega_n \left(\frac{I_{2I}}{I_{2II}} - 1 \right) \quad (7.16)$$

ω_n – tổng số vòng dây của cuộn cân bằng cho trong catalogue

$$\text{Độ nhạy được đánh giá theo } k_{nhSI} = \frac{I_{k\ min}}{I_{bvSI}} \geq 2 \quad (7.17)$$

b. Đối với máy phát

Dòng khởi động được chọn theo 1 trong 2 điều kiện sau:

Dòng khởi động phải lớn hơn dòng điện định mức của máy phát: $I_{kd} > I_{n.MF}$;

Dòng khởi động phải lớn hơn dòng điện không cân bằng cực đại: $I_{kd} > I_{kcb.Max}$;

$$I_{n.MF} = \frac{S_{MF}}{\sqrt{3} \cdot U_{M\ u\ M}} ; \quad (7.18)$$

$$I_{kcbMax} = k_a \cdot k_{cl} \cdot S_i \cdot I_{kMax.ng} \quad (7.19)$$

Giá trị lớn hơn trong số các giá trị của $I_{n.MF}$ và $I_{kcb.Max}$ được chọn làm điều kiện tính toán.

2. BÀI GIẢI MẪU

Bài 7.1. Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cực đại cho đường dây 10 kV, biết dòng điện làm việc cực đại $I_{lvMax} = 210$ A, hệ số mở máy $k_{mm} = 1,4$, hệ số tin cậy $k_{tc} = 1,2$; Dòng ngắn mạch cuối đường dây là $I_k^{(3)} = 0,86$ kA



Hình 7.1. Sơ đồ mạng điện bài toán 7.1.

Giải: Căn cứ vào dòng điện làm việc cực đại ta chọn máy biến dòng có $I_{nBI} = 300$ ($I_{nBI} > I_{lv}$), tức là hệ số biến dòng $n = 300/5 = 60$, dự định sẽ chọn role số loại EOCR.SP.10 (bảng 48.pl. phụ lục) [1]; máy biến dòng được mắc theo sơ đồ sao thiếu (phản ứng theo dòng pha), nên hệ số sơ đồ $k_{sd} = 1$.

Với role kỹ thuật số hệ số trở về $k_{lv} = 0,98$, dòng khởi động của role được xác định theo biểu thức

$$I_{kDR} = \frac{k_p}{k_{lv} \cdot n_i} k_{sd} k_{nim} I_{IVM} = \frac{1,2}{0,98 \cdot 60} 1,1 \cdot 4 \cdot 210 = 6 \text{ A}$$

Chọn dòng đặt của role $I_{DR} = 6 \text{ A}$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ

$$I_{kDBV} = \frac{I_{DR} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{6 \cdot 60}{1} = 360 \text{ A}$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k2 \text{ min}}}{I_{kdbv}} = \frac{I_{k2}^{(2)}}{I_{kdbv}} = \frac{\sqrt{3} I_{k2}}{2 \cdot I_{kdbv}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 860}{2 \cdot 360} = 2,08$$

Vậy bảo vệ đáp ứng độ nhạy cần thiết.

Bài 7.2. Hãy tính toán bảo vệ cắt nhanh cho trạm biến áp 35/10 kV biết công suất của máy biến áp là $S_{ba} = 4000 \text{ kVA}$; điện áp định mức $U_1 = 35$ và $U_2 = 11 \text{ kV}$; hệ số đột biến dòng từ hoá $k_{dh} = 4$; dòng ngắn mạch ngoài tại điểm N là $I_k^{(3)} = 1,2 \text{ kA}$; hệ số tin cậy $k_{tc} = 1,2$.

Giải: Trước hết ta xác định dòng định mức của máy biến áp

$$I_{BA1} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3} \cdot U_1} = \frac{4000}{\sqrt{3} \cdot 35} = 66 \text{ A}$$

Dòng điện ngắn mạch quy về cấp điện áp 35 kV là

$$I_k^{(3)'} = \frac{I_k^{(3)} \cdot U_2}{U_1} = \frac{1200 \cdot 11}{35} = 377,14 \text{ A}$$

Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chọn từ 1 trong 2 điều kiện

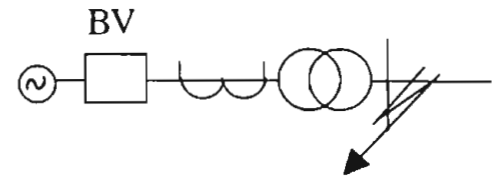
- Lớn hơn dòng ngắn mạch ngoài, $I_k^{(3)'} = 377,14 \text{ A}$
- Lớn hơn dòng đột biến từ hoá của máy biến áp

$$I_{dh} = k_{dh} \cdot I_{BA1} = 4 \cdot 66 = 264 \text{ A}$$

Do dòng $I_{CN1} > I_{CN2}$ nên dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chọn theo điều kiện thứ nhất

$$I_{CN} = k_{tc} \cdot I_k^{(3)'} = 1,2 \cdot 377,14 = 452,57 \text{ A}$$

Căn cứ vào dòng định mức của máy biến áp ta chọn biến dòng có $I_{BI} = 100 \text{ A}$, tức là hệ số biến dòng $n_i = 100/5 = 20$; máy biến dòng được nối theo hình sao, tức hệ số sơ đồ $k_{sd} = 1$.



Hình 7.2. Sơ đồ mạng điện bài toán 7.2.

Dòng khởi động của rơle bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$I_{kd.CN.R} = \frac{I_{CN}}{n_i} k_{sd} = \frac{452,57}{20} \cdot 1 = 22,63 \text{ A}$$

Chọn rơle EOCR-SP.20 với dòng đặt của rơle $I_{dRCN} = 23 \text{ A}$.

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{kd.CN} = \frac{I_{dRCN} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{23 \cdot 20}{1} = 460 \text{ A.}$$

Độ nhạy của bảo vệ

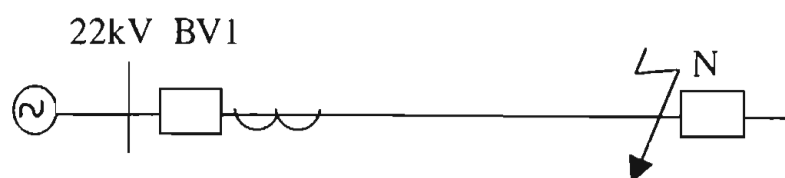
$$k_{nh} = \frac{I_{k.min}}{I_{kd.CN}} = \frac{0,87 \cdot I_k^{(3)}}{I_{kd.CN}} = \frac{0,87 \cdot 377,14}{460} = 0,71$$

Như vậy thực chất bảo vệ cắt nhanh chỉ có thể đảm bảo được một phần và nó chỉ đóng vai trò bảo vệ phụ cho máy biến áp.

Dòng điện ngắn mạch nhỏ nhất mà bảo vệ cắt tác động tin cậy với độ nhạy bằng $k'_{nh} = 2$ là:

$$I_k = k'_{nh} \cdot I_{kd.CN} = 2 \cdot 460 = 920 \text{ A}$$

Bài 7.3. Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cực đại và bảo vệ cắt nhanh cho một đường dây 22 kV, biết dòng điện làm việc cực đại $I_{lv.Max} = 325 \text{ A}$, dòng ngắn mạch 3 pha ở cuối đường dây t là $I_k = 2,13 \text{ kA}$, hệ số mở máy $k_{mm} = 1,5$;



Hình 7.3. Sơ đồ mạng điện bài toán 7.3.

Giải: Căn cứ vào dòng làm việc cực đại ta chọn máy biến dòng có $I_{nBI} = 500$ ($I_{nBI} > I_{lv.Max}$), tức là hệ số biến dòng $n_i = 500/5 = 100$, dự định sẽ chọn rơle số (bảng 48.pl. phụ lục), mắc máy biến dòng theo sơ đồ sao thiếu với hệ số sơ đồ $k_{sd} = 1$.

a. Bảo vệ dòng điện cực đại

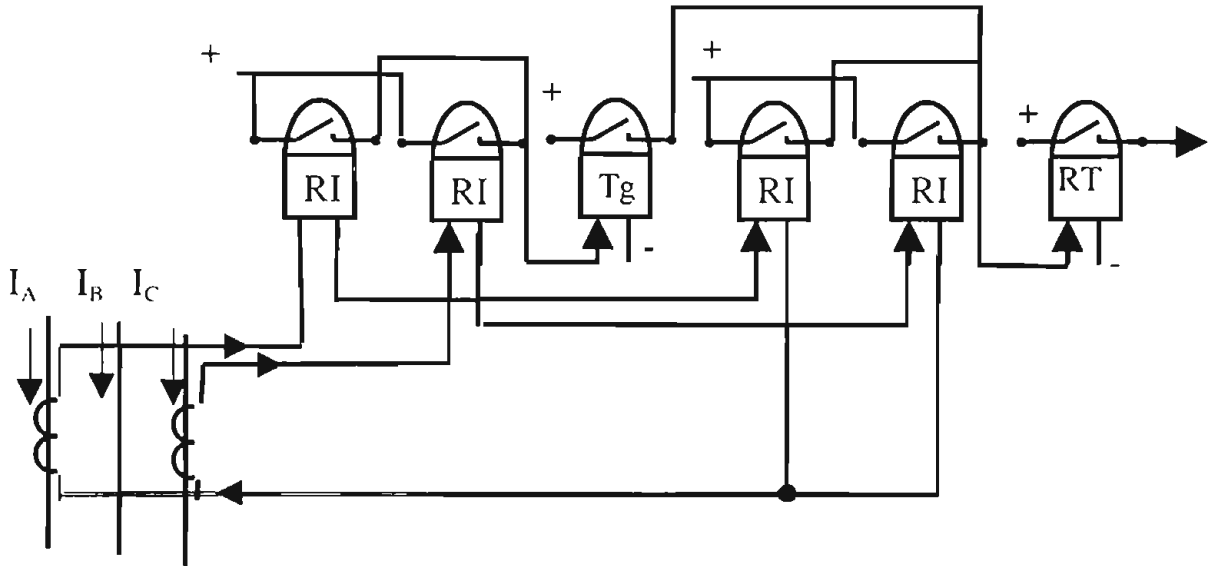
Với rơle kỹ thuật số hệ số trở về $k_{iv} = 0,98$, dòng khởi động của rơle được xác định theo biểu thức

$$I_{kDR} = \frac{k_{lc}}{k_{lv} \cdot n_i} k_{sd} k_{nm} I_{lvM} = \frac{1,2}{0,98 \cdot 100} 1,1 \cdot 5 \cdot 325 = 5,97 \text{ A}$$

Chọn rơle loại EO CR.SP.10 với dòng đặt của rơle $I_{đR} = 6 \text{ A}$.

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ

$$I_{kđBV} = \frac{I_{đR} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{6 \cdot 100}{1} = 600 \text{ A}$$



Hình 7.4. Sơ đồ bảo vệ dòng điện cực đại và bảo vệ cắt nhanh bài toán 7.3.

Độ nhạy của bảo vệ

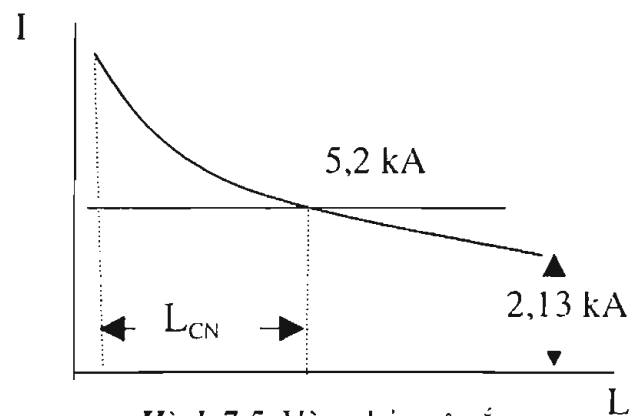
$$k_{nh} = \frac{I_{k \min}}{I_{kđbv}} = \frac{I_k^{(2)}}{I_{kđbv}} = \frac{0,87 \cdot I_k}{I_{kđbv}} = \frac{0,87 \cdot 2130}{600} = 3,1 > 1,5$$

Vậy bảo vệ đáp ứng độ nhạy cần thiết.

b. Bảo vệ cắt nhanh

Dòng khởi động của rơle bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$\begin{aligned} I_{kđCN.R} &= \frac{k_{lc}}{n_i} k_{sd} I_{k \max} \cdot n_g \\ &= \frac{1,2}{100} \cdot 1 \cdot 2130 = 25,56 \text{ A} \end{aligned}$$



Hình 7.5. Vùng bảo vệ cắt nhanh bài toán 7.3.

Chọn rơle EO CR-SS.20 với dòng đặt

của rơle $I_{đRCN} = 26 \text{ A}$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{kdCN} = \frac{I_{dRCN} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{26.100}{1} = 2600 \text{ A.}$$

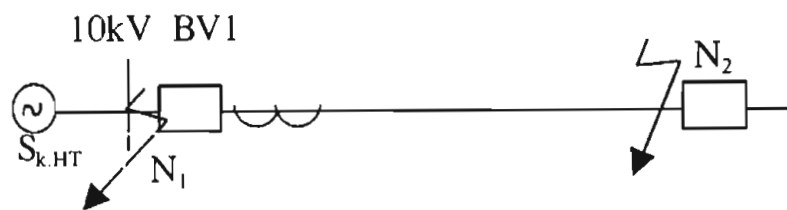
Để đảm bảo được độ nhạy theo yêu cầu ($k'_{nh} = 2$),

vùng bảo vệ cắt nhanh L_{CN} tương ứng với dòng ngắn mạch tối thiểu

$$I_k = k_{nh} I_{kdCN} = 2 \cdot 2,6 = 5,2 \text{ kA}$$

Vùng bảo vệ cắt nhanh được thể hiện trên hình 7.5.

Bài 7. 4. Đường dây 10 kV, có chiều dài 8,5 km, được làm bằng dây dẫn AC-120, công suất ngắn mạch của hệ thống là $S_{k,ht} = 217 \text{ MVA}$. Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cực đại, biết dòng điện làm việc cực đại $I_{lvMax} = 260 \text{ A}$, hệ số mở máy $k_{mm} = 1,5$; hệ số tin cậy lấy bằng 1,2.



Hình 7.6. Sơ đồ mạng điện bài toán 7.4.

Giải: Trước hết ta cần xác định dòng điện ngắn mạch. Tra sổ tay thiết kế, ứng với mã hiệu dây dẫn AC-120, ta tìm được $r_0 = 0,27$ và $x_0 = 0,363 \Omega/\text{km}$. Chọn cấp điện áp cơ bản là $U_{cb} = 10 \text{ kV}$, ta xác định điện trở của các phần tử mạng điện trong hệ đơn vị có tên:

$$\text{Điện trở hệ thống: } X_{HT} = \frac{U_{cb}^2}{S_{k,HT}} = \frac{10^2}{217} = 0,46 \Omega$$

$$\text{Điện trở đường dây: } R_d = r_0 \cdot l = 0,27 \cdot 8,5 = 2,3 \Omega; \quad X_d = x_0 \cdot l = 0,363 \cdot 8,5 = 3,09 \Omega.$$

$$\text{Tổng trở ngắn mạch } Z_k = \sqrt{R_d^2 + (X_{HT} + X_d)^2} = \sqrt{2,3^2 + (0,46 + 3,09)^2} = 4,22 \Omega.$$

$$\text{Dòng ngắn mạch tại điểm } N_1: \quad I_{k1} = \frac{S_{k,HT}}{\sqrt{3}U_{cb}} = \frac{217}{\sqrt{3} \cdot 10} = 12,53 \text{ kA.}$$

$$\text{Dòng ngắn mạch tại điểm } N_2: \quad I_{k2} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}Z_k} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 4,22} = 1,367 \text{ kA.}$$

Căn cứ vào giá trị dòng làm việc ta chọn máy biến dòng loại 4MA74 có $I_{nBI} = 400$ ($I_{nBI} > I_k$), tức là hệ số biến dòng $n_i = 400/5 = 80$, dự định sẽ chọn role số, máy biến dòng theo sơ đồ sao

thiếu, hệ số sơ đồ $k_{sd} = 1$. Với rơle kỹ thuật số hệ số trở về $k_{lv} = 0,98$, dòng khởi động của rơle được xác định theo biểu thức

$$I_{kđR} = \frac{k_{tc}}{k_{lv} \cdot n_i} k_{sd} k_{mm} I_{lvM} = \frac{1,2}{0,98 \cdot 80} 1 \cdot 1,5 \cdot 260 = 5,968 \text{ A}$$

Chọn rơle số loại EOCR.SP.10 dòng đặt của rơle $I_{đR} = 6 \text{ A}$;

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ

$$I_{kđBV} = \frac{I_{đR} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{6 \cdot 80}{1} = 480 \text{ A}$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k \min}}{I_{kđbv}} = \frac{I_{k2}^{(2)}}{I_{kđbv}} = \frac{0,87 \cdot I_{k2}}{I_{kđbv}} = \frac{0,87 \cdot 13670}{480} = 2,48 > 1,5$$

Vậy độ nhạy của bảo vệ đảm bảo yêu cầu.

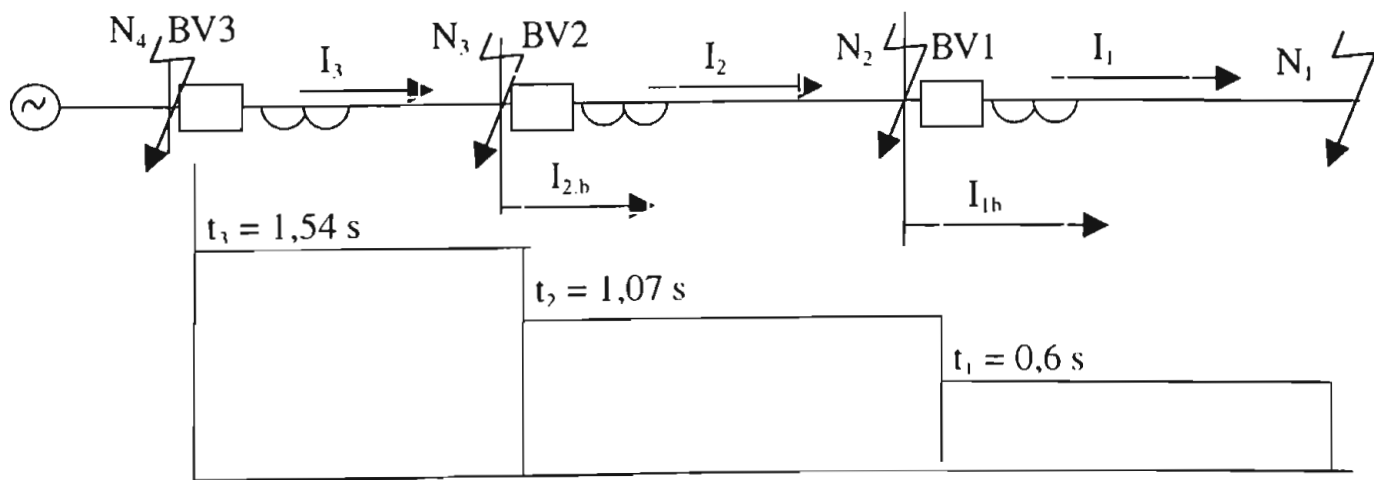
Kiểm tra máy biến dòng theo điều kiện làm việc tin cậy của cuộn cắt:

$$I_{l.BI} = 400 \geq I_{cc} = 0,03 \cdot I_{k1} = 0,03 \cdot 12530 = 375,86 \text{ A}$$

Như vậy máy biến dòng đã chọn đảm bảo yêu cầu làm việc tin cậy cho cuộn cắt.

Bài 7. 5. Tính toán bảo vệ dòng điện cực đại cho mạng điện 22 kV, biết dòng điện làm việc và dòng ngắn mạch trên các đoạn dây:

Dòng làm việc, A			Dòng ngắn mạch, kA			
I_1	$I_{1,b}$	$I_{2,b}$	I_{k1}	I_{k2}	I_{k3}	I_{k4}
72	60	145	1,23	1,87	2,21	3,54



Hình 7.7. Sơ đồ kết hợp bảo vệ bài toán 7.5.

Các hệ số: $k_{mm} = 1,5$; $k_{lc} = 1,2$; thời gian tác động của bảo vệ 1 là $t_1 = 0,6$ s; thời gian trễ giữa các bảo vệ $\Delta t = 0,47$ s.

Giải: Trước hết ta xác định dòng điện chạy trên các đoạn dây:

Dòng làm việc qua bảo vệ 1: $I_{lv1} = I_1 = 72$ A;

Dòng làm việc qua bảo vệ 2: $I_{lv2} = I_1 + I_{1,b} = 72 + 60 = 132$ A;

Dòng làm việc qua bảo vệ 3: $I_{lv3} = I_2 + I_{2,b} = 132 + 145 = 277$ A;

Căn cứ vào dòng làm việc trên các đoạn dây ta chọn máy biến dòng sao cho dòng định mức sơ cấp lớn hơn dòng làm việc ($I_{1,BI} > I_{lv}$). Đối với bảo vệ 1 ta chọn biến dòng có $I_{1,BI} = 100$, tức hệ số biến dòng là $n_{11} = 100/5 = 20$. Các máy biến dòng được mắc theo sơ đồ hình sao thiếu có hệ số sơ đồ $k_{sd} = 1$; Dự định chọn role kỹ thuật số với hệ số trở về $k_{lv} = 1$. Dòng khởi động của role bảo vệ 1

$$I_{kdl1} = \frac{k_{lc}}{k_{lv} \cdot n_{11}} k_{sd} k_{mm} I_{lv1} = \frac{1,2}{1 \cdot 20} 1 \cdot 1,5 \cdot 72 = 6,48 \text{ A};$$

Chọn role EOCR.SP.10-1 với dòng đặt của role là 6,5 A;

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ

$$I_{kdbv} = \frac{I_{dk} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{6,5 \cdot 20}{1} = 130 \text{ A};$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$K_{nh} = \frac{I_{kl.min}}{I_{kdbv}} = \frac{I_{kl}^{(2)}}{I_{kdbv}} = \frac{0,87 \cdot I_{kl}}{I_{kdbv}} = \frac{0,87 \cdot 1230}{130} = 8,25 > 1,5$$

Vậy bảo vệ đáp ứng độ nhạy cần thiết.

Kiểm tra máy biến dòng theo điều kiện làm việc tin cậy của cuộn cắt (CC).

$$I_{1,BI} = 100 \geq I_{cc} = 0,03 \cdot I_{k2} = 0,03 \cdot 1870 = 56 \text{ A};$$

Như vậy máy biến dòng đã chọn đảm bảo yêu cầu làm việc tin cậy cho cuộn cắt.

Thời gian tác động của bảo vệ 2: $t_2 = t_1 + \Delta t = 0,6 + 0,47 = 1,07$ s

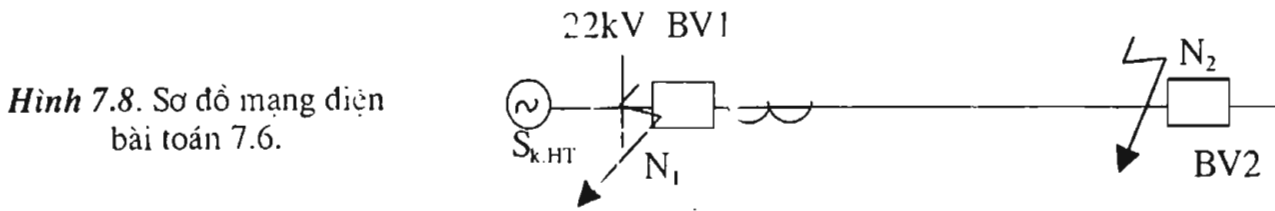
Thời gian tác động của bảo vệ 3: $t_3 = t_2 + \Delta t = 1,07 + 0,47 = 1,54$ s

Biểu đồ phân bố thời gian tác động của các bảo vệ được thể hiện trên hình vẽ.

Bảng: Kết quả tính toán bảo vệ dòng điện cực đại bài toán 8.

Tham số tính toán	Ký hiệu	Bảo vệ 1	Bảo vệ 2	Bảo vệ 3
Dòng làm việc, A	I_{lv}	72	132	277
Dòng sơ cấp của BI, A	$I_{1.BI}$	100	200	300
Hệ số biến dòng,	n_i	20	40	60
Dòng kh. động của role	$I_{kđ.R}$	6,48	5,94	8,31
Chọn role		EOCR.SP.10-1	EOCR.SP.10-1	EOCR.SP.10-1
Dòng đặt của role	I_R	6,5	6	8,5
Dòng kd của bảo vệ	$I_{kđ.bv}$	130	240	510
Độ nhạy	k_{nh}	8,25	6,77	3,76
Dòng tin cậy của CC, A	I_{cc}	56	66,2	106,28
Thời gian tác động, s	t_{bv}	0,6	1,07	1,54

Bài 7.6. Đường dây 22 kV, có chiều dài 13 km, được làm bằng dây dẫn AC-95, công suất ngắn mạch của hệ thống là $S_{k,HT} = 316$ MVA. Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cắt nhanh, hệ số tin cậy lấy bằng 1,2;



Giải: Trước hết ta cần xác định dòng điện ngắn mạch. Tra sổ tay thiết kế, ứng với mã hiệu dây dẫn AC-120, ta tìm được $r_0 = 0,27$ và $x_0 = 0,363 \Omega/\text{km}$. Chọn cấp điện áp cơ bản là $U_{cb} = 10$ kV, ta xác định điện trở của các phần tử mạng điện trong hệ đơn vị có tên:

$$\text{Điện trở hệ thống: } X_{HT} = \frac{U_{cb}^2}{S_{k,HT}} = \frac{22^2}{316} = 1,53 \Omega$$

$$\text{Điện trở đường dây: } R_d = r_0 \cdot l = 0,33 \cdot 13 = 4,29 \Omega; \quad X_d = x_0 \cdot l = 0,384 \cdot 13 = 5 \Omega$$

$$\text{Tổng trở ngắn mạch } Z_k = \sqrt{R_d^2 + (X_{HT} + X_d)^2} = \sqrt{4,29^2 + (1,53 + 5)^2} = 7,81 \Omega$$

$$\text{Dòng ngắn mạch tại điểm } N_1: \quad I_{k1} = \frac{S_{k,HT}}{\sqrt{3}U_{cb}} = \frac{316}{\sqrt{3} \cdot 22} = 8,29 \text{ kA}$$

$$\text{Dòng ngắn mạch tại điểm } N_2: \quad I_{k2} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}Z_k} = \frac{22}{\sqrt{3} \cdot 7,81} = 1,623 \text{ kA}$$

Chọn máy biến dòng loại 4MA74 có $I_{nBI} = 400$ A, tức là hệ số biến dòng $n_i = 400/5 = 80$, dự định mắc máy biến dòng theo sơ đồ sao thiếu, nên hệ số sơ đồ $k_{sd} = 1$.

Dòng khởi động của role bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

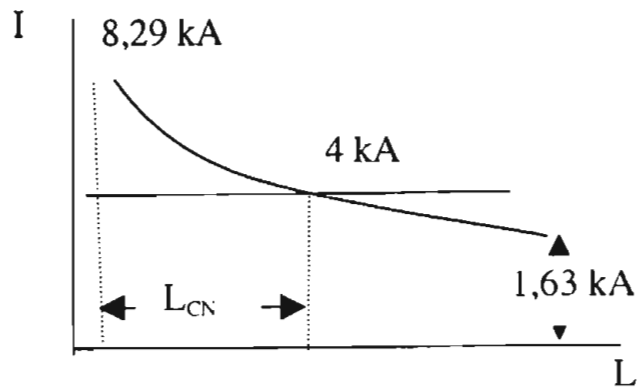
$$I_{kdCN.R} = \frac{k_{tc}}{n_i} k_{sd} I_{k.Max.ng} = \frac{1,2}{100} \cdot 1.1623 = 19,48 \text{ A}$$

Chọn role EOCR-SS.20 với dòng đặt của role $I_{dRCN} = 20 \text{ A}$.

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{kdCN} = \frac{I_{dRCN} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{20 \cdot 100}{1} = 2000 \text{ A}$$

Hình 7.9. Vùng bảo vệ cắt nhanh bài 7.6.



Để đảm bảo được độ nhạy theo yêu cầu ($k'_{nh} = 2$), vùng bảo vệ cắt nhanh L_{CN} tương ứng với dòng ngắn mạch tối thiểu

$$I_k = k'_{nh} I_{kdCN} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ kA}$$

Vùng bảo vệ cắt nhanh được thể hiện trên hình 7.8.

Kiểm tra máy biến dòng theo điều kiện làm việc tin cậy của cuộn cắt:

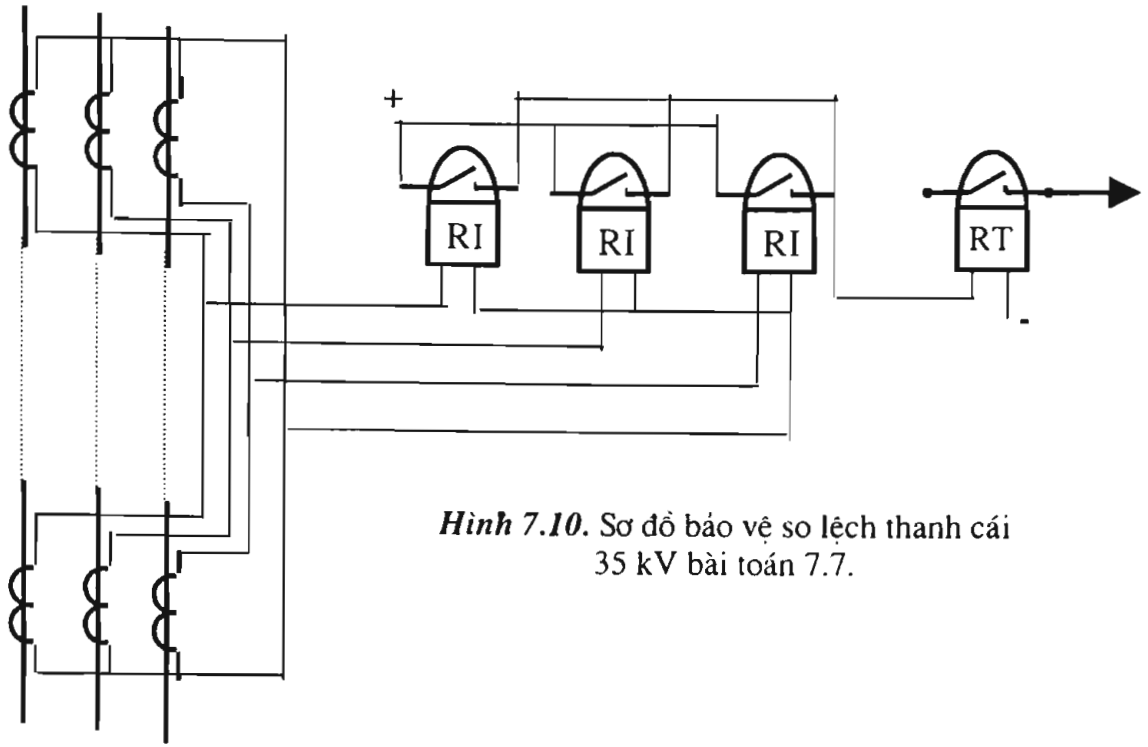
$$I_{1.BI} = 400 \geq I_{cc} = 0,03 \cdot I_{k1} = 0,03 \cdot 8290 = 248,79 \text{ A};$$

Như vậy máy biến dòng đã chọn đảm bảo yêu cầu làm việc tin cậy cho cuộn cắt.

Bài 7.7. Hãy tính toán bảo vệ so lệch dọc cho thanh cái 35 kV, biết dòng điện làm việc là $I_v = 350 \text{ A}$, dòng ngắn mạch cực đại ngoài vùng bảo vệ là $I_{k2} = I_{k.Max.ng} = 0,95 \text{ kA}$.

Giải: Chọn hệ số tin cậy $k_{tc} = 1,3$;

Trước hết ta chọn máy biến dòng có dòng định mức sơ cấp là $I_{1BI} = 500 \text{ A}$, tức là hệ số biến dòng $n_i = 500/5 = 100$. Các máy biến dòng mắc theo hình sao đủ, máy biến dòng bảo hòa nhanh ($k_a = 1$) ở cả hai phía được chọn cùng loại ($k_{ct} = 0,5$).



Hình 7.10. Sơ đồ bảo vệ so lệch thanh cái 35 kV bài toán 7.7.

Xác định dòng không cân bằng

$$I_{kcbMax} = k_a \cdot k_{ct} \cdot I_{kMax.ng.} = 1,0 \cdot 5,0 \cdot 1,950 = 47,44 \text{ A}$$

Dòng khởi động của role

$$I_{kdk} = \frac{k_{tc}}{n_i} k_{sd} I_{kcbMax} = \frac{1,25}{100} \cdot 1,47,44 = 0,593 \text{ A}$$

Chọn dòng đặt của role là $I_{dRSl} = 0,6 \text{ A}$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{kd.Sl} = \frac{I_{dRSl} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{0,6 \cdot 100}{1} = 60 \text{ A}$$

Độ nhạy của bảo vệ: Dòng điện ngắn mạch nhỏ nhất trong vùng bảo vệ là dòng ngắn mạch 2 pha ngay trước bảo vệ 2, trên thực tế, giá trị dòng điện này cũng gần bằng giá trị dòng ngắn mạch 2 pha tại điểm N_2 vì vậy độ nhạy của bảo vệ so lệch được xác định

$$k_{nhSl} = \frac{I_{k.min}}{I_{kd.Sl}} = \frac{I_{k2}^{(2)}}{I_{kd.Sl}} = \frac{0,87 \cdot I_{k2}^{(3)}}{I_{kd.Sl}} = \frac{0,87 \cdot 950}{60} = 13,76 > 2;$$

Bài 7. 8. Tính toán bảo vệ role cho máy biến áp TMDH 10000/110 có công suất định mức $S_n = 10000 \text{ kVA}$, điện áp định mức là 115/22 kV, máy có bộ phận tự động điều chỉnh điện áp với $\Delta U_{uc} = 10\%$. Dòng điện ngắn mạch cực đại tại thanh cái phía thứ cấp (ngoài vùng bảo vệ) là $I_{kmax} = 1,34 \text{ kA}$. Tổ nối của máy biến áp là Y/ Δ ; hệ số tin cậy lấy bằng 1,25.

Giải: Trước hết ta xác định dòng điện định mức ở hai phía của máy biến áp

$$I_{n1} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3} \cdot U_{n1}} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 50,2 \text{ A}$$

$$I_{n2} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3} \cdot U_{n2}} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 22} = 262,43 \text{ A}$$

Dựa vào dòng điện định mức ta chọn các máy biến dòng loại bảo hoà nhanh $I_{n1} = 100$ và $I_{n2} = 300 \text{ A}$, vậy tỷ số biến dòng sẽ là:

$$n_{i1} = \frac{100}{5} = 20; \quad n_{i2} = \frac{300}{5} = 60$$

Chọn sơ đồ nối dây máy biến dòng: vì sơ đồ nối dây của máy biến áp là Y/∇ nên ta chọn sơ đồ nối các máy biến dòng phía sơ cấp nối theo hình tam giác (∇), còn phía thứ cấp – theo hình sao đủ (Y), như vậy hệ số sơ đồ phía sơ cấp sẽ là $k_{sd1} = \sqrt{3}$ và phía thứ cấp là $k_{sd2} = 1$.

Giá trị dòng điện thứ cấp ở hai phía của máy biến áp ở chế độ định mức là

$$I_{2I} = \frac{I_{n1} \cdot k_{sd1}}{n_{i1}} = \frac{50,2 \cdot \sqrt{3}}{20} = 4,35 \text{ A}; \quad I_{2II} = \frac{I_{n2} \cdot k_{sd2}}{n_{i2}} = \frac{262,43 \cdot 1}{60} = 4,37 \text{ A}$$

Sai số do sự chênh lệch dòng điện phí thứ cấp:

$$s_{2i} = \left| \frac{I_{2I} - I_{2II}}{I_{2I}} \right| = \left| \frac{4,37 - 4,35}{4,35} \right| = 0,006$$

Xác định dòng điện không cân bằng:

$$I_{kcbMax} = (k_a \cdot k_{cl} s_i + s_{\Delta U_{dc}} + s_{2i}) I_{kMax.ng.}$$

Các máy biến dòng bảo hoà nhanh nên $k_a = 1$, các máy biến dòng ở 2 phía khác nhau nên $k_{cl} = 1$, sai số máy biến dòng $s_i = 0,1$, như vậy

$$I_{kcbMax} = (1 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,1 + 0,006) \cdot 1340 = 276 \text{ A}$$

Dòng điện khởi động của bảo vệ

$$I_{kdB} = k_{tc} \cdot I_{kcbMax} = 1,25 \cdot 276 = 345 \text{ A}$$

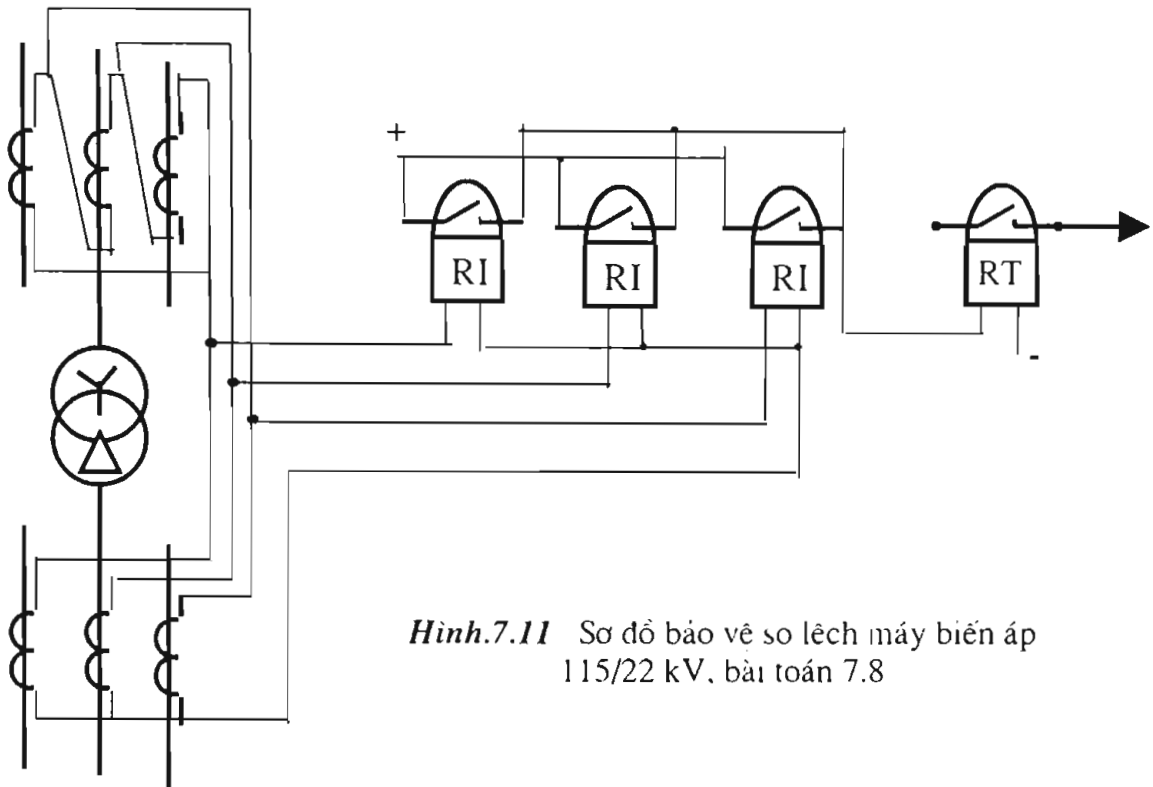
Dòng điện khởi động của rơle

$$I_{kdk} = \frac{I_{kdB} \cdot k_{sd2}}{n_{i2}} = \frac{345 \cdot 1}{60} = 5,75 \text{ A}$$

Chọn rơle EOCR-SS.06-2 (bảng 48.pl) [1] với dòng đặt là $I_{dk} = 6 \text{ A}$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{kd\ SL} = \frac{I_{dRSL} \cdot n_1}{k_{sd}} = \frac{6.60}{1} = 360 \text{ A};$$



Hình.7.11 Sơ đồ bảo vệ số lệch máy biến áp 115/22 kV, bài toán 7.8

Kiểm tra máy biến dòng theo điều kiện làm việc tin cậy của cuộn cắt:

$$I_{1\ BI} = 300 \geq I_{cc} = 0,03 \cdot I_{k1} = 0,03 \cdot 1340 = 40,2 \text{ A};$$

Như vậy máy biến dòng đã chọn đảm bảo yêu cầu làm việc tin cậy cho cuộn cắt.

Dòng ngắn mạch nhỏ nhất trong vùng bảo vệ là dòng ngắn mạch 2 pha trước thanh cái phía thứ cấp, trên thực tế giá trị này cũng bằng giá trị dòng ngắn mạch 2 pha ngoài vùng bảo vệ $I_{k2}^{(2)}$, do vậy độ nhạy của bảo vệ sẽ là

$$k_{nh} = \frac{I_{k\ min}}{I_{kd\ SL}} = \frac{0,87 \cdot I_{k2}^{(3)}}{I_{kd\ SL}} = \frac{0,87 \cdot 1340}{360} = 3,24 > 2$$

Vậy bảo vệ đảm bảo độ nhạy cần thiết.

Với số vòng dây của cuộn cân bằng là $\omega_n = 20$. Chọn số vòng dây san bằng dòng điện thứ cấp:

$$\omega = \omega_n \left(\frac{I_{2I}}{I_{2II}} - 1 \right) = 20 \cdot \left(\frac{4,37}{4,35} - 1 \right) = 0,12;$$

Như vậy không cần thiết phải mắc thêm cuộn cân bằng.

Sơ đồ nối máy biến dòng và role được thể hiện trên hình vẽ 7.11.

Bài 7. 9. Tính toán bảo vệ rơle cho máy phát có công suất định mức $S_n = 50$ MVA, điện áp định mức là 6,3 kV, suất điện động trong hệ đơn vị tương đối là $E_* = 1$, điện trở siêu quá độ dọc trục x''_d

Giải: Trước hết ta xác định dòng điện định mức của máy phát

$$I_{mp} = \frac{S_{mp}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{50}{\sqrt{3} \cdot 6,3} \cdot 10^3 = 4582,145 \text{ A}$$

Dựa vào dòng điện định mức ta chọn các máy biến dòng loại bảo hoà nhanh $I_{n1} = 5000$, vậy tỷ số biến dòng sẽ là:

$$n_1 = \frac{5000}{5} = 1000$$

Chọn sơ đồ nối dây máy biến dòng: ta chọn sơ đồ nối các máy biến dòng theo hình tam giác (Δ), như vậy hệ số sơ đồ phía sơ cấp sẽ là $k_{sd1} = \sqrt{3}$.

Giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha

$$I_K = \frac{E''_*}{x''_d} \cdot I_{mp} = \frac{1}{0,14} \cdot 4582,145 = 32730 \text{ A}$$

Xác định dòng điện không cân bằng:

$$I_{kcb} = k_a \cdot k_{cl} \cdot s_i \cdot I_K$$

Chọn sơ đồ mắc rơle với điện trở phụ nên $k_a = 2$, các máy biến dòng ở 2 phía chọn cùng loại nên $k_{cl} = 0,5$, sai số máy biến dòng $s_i = 0,1$, như vậy

$$I_{kcb} = 2 \cdot 0,5 \cdot 0,1 \cdot 32730 = 3273 \text{ A}$$

Như vậy dòng $I_{kcb} < I_{mp}$ nên ta xác định dòng khởi động của rơle theo dòng định mức máy phát, lấy hệ số tin cậy là 1,2.

Dòng điện khởi động của rơle

$$I_{kdk} = \frac{k_{lc} \cdot k_{sd} \cdot I_{mp}}{n_1} = \frac{1,2 \cdot \sqrt{3} \cdot 4582,145}{1000} = 9,52 \text{ A}$$

Chọn rơle EOCR-SS.06-2 (bảng 48.pl) [1] với dòng đặt là $I_{dk} = 10 \text{ A}$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{kd.SL} = \frac{I_{dk} \cdot n_1}{k_{sd}} = \frac{10 \cdot 1000}{\sqrt{3}} = 5773,5 \text{ A}$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k \min}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87 \cdot I_k}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87 \cdot 33730}{5773,5} = 4,93 > 2$$

Vậy bảo vệ đảm bảo độ nhạy cần thiết.

Bài 7. 10. Hãy thực hiện bảo vệ role cho trạm thủy điện nhỏ với sơ đồ như hình vẽ: Các tham số định mức của các phần tử cho trong bảng sau

Phần tử	Công suất đ.mức	Điện áp định mức, kV		Sđđ	Điện trở
	S, kVA	U_1	U_2	E^*	x''_d
Máy phát	1500	6,3		1,05	0,125
Máy biến áp	1800	6,3	35		
BA. tự dùng	50	35	0,4		

Máy biến áp có bộ phận tự động điều chỉnh điện áp với $\Delta U_{uc} = 10\%$. Tổ nối của máy biến áp là Δ/Y ; hệ số tin cậy lấy bằng 1,25.

Giải:

1. Bảo vệ máy phát

Máy phát được bảo vệ theo sơ đồ sơ lệch. Trước hết ta xác định dòng điện định mức của máy phát

$$I_{mP} = \frac{S_{mP}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1500}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 137,46 \text{ A}$$

Dựa vào dòng điện định mức ta chọn các máy biến dòng loại bảo hoà nhanh $I_{nl} = 200$, vậy tỷ số biến dòng sẽ là:

$$n_i = \frac{200}{5} = 40$$

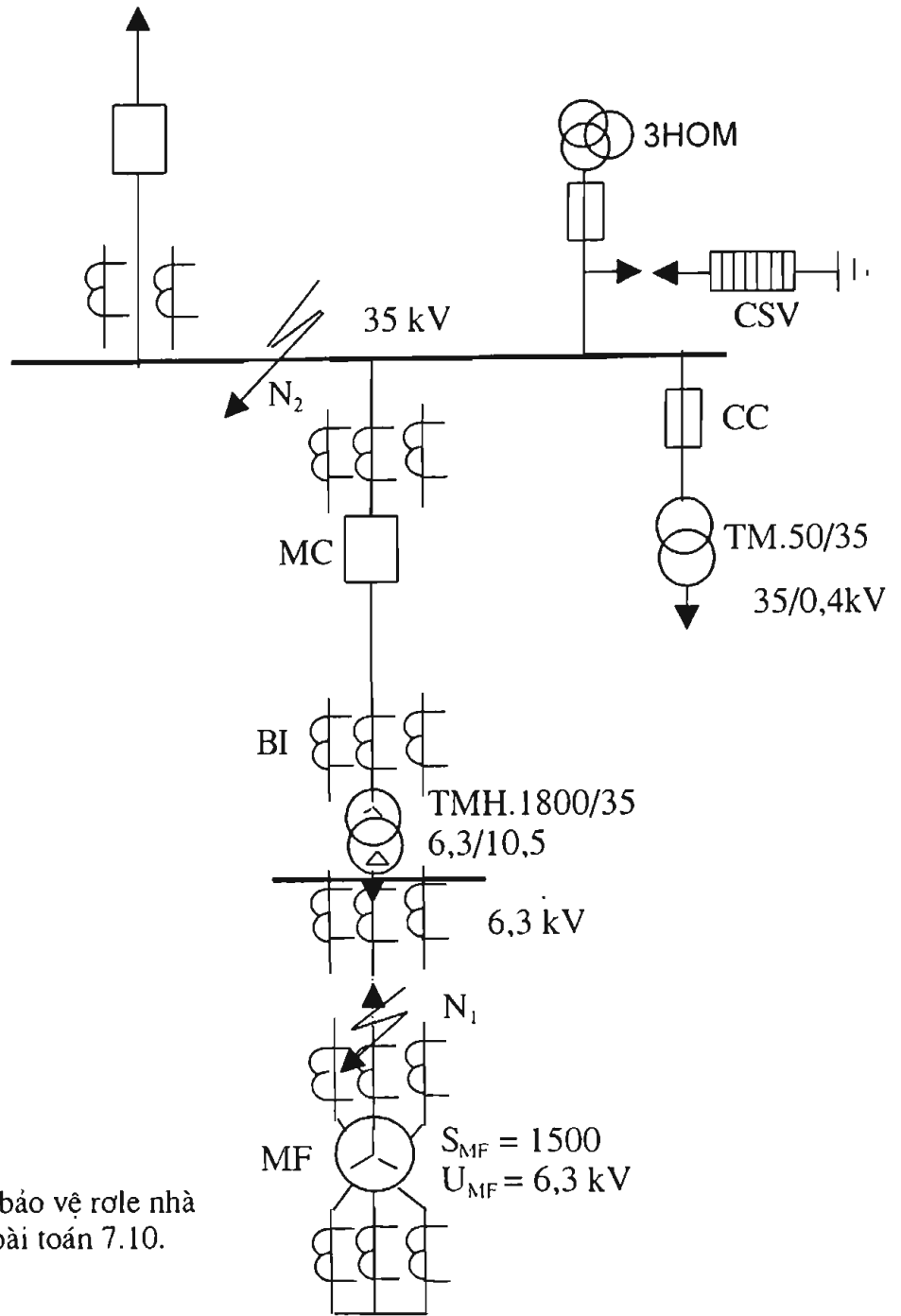
Chọn sơ đồ nối dây máy biến dòng: sơ đồ nối các máy biến dòng được thực hiện theo hình tam giác (Δ), như vậy hệ số sơ đồ phía sơ cấp sẽ là $k_{sd} = \sqrt{3}$.

Giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha trên đầu ra của máy phát có thể xác định theo biểu thức

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{E''^*}{x''_d} \cdot I_{mP} = \frac{1,05}{0,125} \cdot 137,46 = 1154,7 \text{ A}$$

Xác định dòng điện không cân bằng:

$$I_{kcb} = k_a \cdot k_{c1} \cdot s_i \cdot I_k = 2,0 \cdot 5,0 \cdot 0,1 \cdot 1154,7 = 115,47 \text{ A}$$



Hình.7.12. Sơ đồ bảo vệ role nhà máy thủy điện bài toán 7.10.

Chọn sơ đồ mắc role với điện trở phụ nên $k_a = 2$, các máy biến dòng ở 2 phía chọn cùng loại nên $k_{c1} = 0,5$, sai số máy biến dòng là 10% , tức là $s_i = 0,1$.

Như vậy dòng $I_{kcb} < I_{mP}$ nên dòng khởi động của role sẽ được xác định theo dòng định mức máy phát, với hệ số tin cậy là 1,25.

$$I_{kđR} = \frac{k_{lc} \cdot k_{sd} \cdot I_{mP}}{n_i} = \frac{1,25 \cdot \sqrt{3} \cdot 137,46}{40} = 7,44 \text{ A}$$

Chọn role EOCR-SS.06-2 (bảng 48.pl) [1] với dòng đặt là $I_{đR} = 7,5 \text{ A}$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{kd.SL} = \frac{I_{dR} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{7,5 \cdot 40}{\sqrt{3}} = 173,2 \text{ A}$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k \min}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87 \cdot I_{k1}^{(3)}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87 \cdot 1154,7}{173,2} = 5,8 > 2$$

Vậy bảo vệ đảm bảo độ nhạy cần thiết.

2) Tính toán bảo vệ role cho máy biến áp

Máy biến áp TMH.1800/35 với các tham số: $S_{BA} = 1800 \text{ kVA}$; $\Delta P_k = 24 \text{ kW}$; $U_k = 6,5\%$ (bảng 13.pl) [1] sẽ được trang bị các bảo vệ so lệch, bảo vệ dòng điện cực đại, bảo vệ bằng role hơi và bảo vệ chống quá tải

a. Bảo vệ so lệch cho máy biến áp

Trước hết ta xác định dòng điện định mức ở hai phía của máy biến áp

$$I_{n1} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3} \cdot U_{n1}} = \frac{1800}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 164,96 \text{ A}$$

$$I_{n2} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3} \cdot U_{n2}} = \frac{1800}{\sqrt{3} \cdot 35} = 29,69 \text{ A}$$

Dựa vào dòng điện định mức ta chọn các máy biến dòng loại bảo hoà nhanh với dòng điện định mức phía sơ cấp là $I_{1.I} = 200$ và $I_{1.II} = 60 \text{ A}$, tức là tỷ số biến dòng tương ứng ở hai phía sẽ là:

$$n_{i1} = \frac{200}{5} = 40; \quad n_{i2} = \frac{60}{5} = 12$$

Chọn sơ đồ nối dây máy biến dòng: vì sơ đồ nối dây của máy biến áp là Δ/Y nên ta chọn sơ đồ nối các máy biến dòng phía sơ cấp nối theo hình sao đủ (Y), còn phía thứ cấp – theo hình tam giác (Δ), như vậy hệ số sơ đồ phía sơ cấp sẽ là $k_{sd1} = 1$ và phía thứ cấp là $k_{sd2} = \sqrt{3}$.

Giá trị dòng điện thứ cấp ở hai phía của máy biến áp ở chế độ định mức là

$$I_{2.I} = \frac{I_{n1} \cdot k_{sd1}}{n_{i1}} = \frac{164,96 \cdot 1}{40} = 4,12 \quad I_{2.II} = \frac{I_{n2} \cdot k_{sd2}}{n_{i2}} = \frac{29,69 \cdot \sqrt{3}}{12} = 4,29$$

Sai số do sự chênh lệch dòng điện phía thứ cấp:

$$s_{2i} = \left| \frac{I_{2I} - I_{2II}}{I_{2I}} \right| = \frac{4,12 - 4,29}{4,12} = 0,038$$

Xác định dòng điện ngắn mạch ngoài cực đại: đó là dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm N₂ đi qua máy biến áp. Trước hết cần xác định điện trở của máy biến áp và máy phát. Ta giải bài toán này trong hệ đơn vị tương đối, chọn chế độ cơ bản là chế độ định mức của máy phát.

$$X_{MF^*} = x''_d = 0,125$$

$$R_{BA^*} = \frac{\Delta P_k \cdot S_{cb}}{S_{BA}^2} = \frac{24.1500}{1800^2} = 0,011$$

$$X_{BA^*} = \frac{U_k \cdot S_{cb}}{100 \cdot S_{BA}} = \frac{6,5.1500}{100.1800} = 0,054$$

$$Z_k = \sqrt{R_{BA}^2 + (X_{MF} + X_{BA})^2} = \sqrt{0,011^2 + (0,125 + 0,054)^2} = 0,18$$

Dòng ngắn mạch 3 pha

$$I_k^{(3)} = \frac{E_* \cdot I_{cb}}{Z_k} = \frac{1,05.137,46}{0,18} = 804,06 \text{ A}$$

Xác định dòng điện không cân bằng:

$$I_{kcbMax} = (k_a \cdot k_{c1} s_i + s_{\Delta U_{dc}} + s_{2i}) I_{kMax.ng}$$

Các máy biến dòng bảo hoà nhanh nên $k_a = 1$, các máy biến dòng ở 2 phía khác nhau nên $k_{c1} = 1$, sai số máy biến dòng $s_i = 0,1$, như vậy

$$I_{kcbMax} = (1.1.0,1 + 0,1 + 0,038).804 = 191,165 \text{ A}$$

Dòng điện khởi động của bảo vệ

$$I_{kd} = k_{ic} \cdot I_{kcbMax} = 1,25.191,165 = 238,96 \text{ A}$$

Dòng điện khởi động của rơle

$$I_{kdr} = \frac{I_{kdrB} \cdot k_{sd2}}{n_{i2}} = \frac{238,96.1}{40} = 5,97 \text{ A}$$

Chọn rơle EOCR-SS.06-2 (bảng 48.pl) [1] với dòng đặt là $I_{dr} = 6 \text{ A}$

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{kd.sl} = \frac{I_{dr} \cdot n_{i1}}{k_{sd.1}} = \frac{6.40}{1} = 240 \text{ A}$$

Dòng ngắn mạch nhỏ nhất trong vùng bảo vệ là dòng ngắn mạch 2 pha trước thanh cái

phía thứ cấp, trên thực tế giá trị này cũng bằng giá trị dòng ngắn mạch 2 pha ngoài vùng bảo vệ $I_k^{(2)} = 0,87 \cdot I_k^{(3)}$ do vậy độ nhạy của bảo vệ sẽ là

$$k_{nh} = \frac{I_{k \min}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87 \cdot I_{k1}^{(3)}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87 \cdot 804,06}{240} = 2,91 > 2$$

Vậy bảo vệ đảm bảo độ nhạy cần thiết.

Với số vòng dây của cuộn cân bằng là $\omega_n = 20$. Chọn số vòng dây san bằng dòng điện thứ cấp:

$$\omega = \omega_n \left(\frac{I_{2II}}{I_{2I}} - 1 \right) = 20 \cdot \left(\frac{4,29}{4,12} - 1 \right) = 0,78$$

Ta chọn $\omega_c = 1$ vòng.

Như vậy để nâng cao độ nhạy của bảo vệ cần mắc thêm 1 vòng dây cho cuộn dây san bằng dòng điện thứ cấp.

b. Bảo vệ cắt nhanh

Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chọn từ 1 trong 2 điều kiện

- Lớn hơn dòng ngắn mạch ngoài, $I_{k2}^{(3)} = 804,06$ A
- Lớn hơn dòng đột biến từ hoá của máy biến áp

$$I_{dh} = k_{dh} \cdot I_{BA} = 4 \cdot 164,96 = 659,83$$
 A

Do dòng $I_{k2}^{(3)} > I_{dh}$ nên dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chọn theo điều kiện thứ nhất:

$$I_{CN} = k_{ic} \cdot I_{k2}^{(3)} = 1,25 \cdot 804,06 = 1005,08$$
 A

Dòng khởi động của rơle bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$I_{kdCN.R} = \frac{I_{CN}}{n_i} \cdot k_{sd1} = \frac{1005,08}{40} \cdot 1 = 25,13$$
 A

Chọn rơle EOCR-SP.20 với dòng đặt của rơle $I_{dRCN} = 25,5$ A.

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{kd.CN} = \frac{I_{dRCN} \cdot n_i}{k_{sd}} = \frac{25,5 \cdot 40}{1} = 1020$$
 A.

Độ nhạy của bảo vệ:

Dòng điện ngắn mạch nhỏ nhất mà bảo vệ cắt nhanh tác động với độ nhạy $k_{nh} = 2$ là

$$I_k = k_{nh} \cdot I_{kd,CN} = 2 \cdot 1020 = 2040 \text{ A}$$

Bảo vệ cắt nhanh chỉ có thể đóng vai trò bảo vệ phụ cho trạm biến áp.

c. Bảo vệ chống quá tải:

Hệ số quá tải cho phép của máy biến áp lấy bằng 1,1. Dòng khởi động của role bảo vệ chống quá tải

$$I_{kd,R,qt} = \frac{k_{qt} \cdot k_{sdI} \cdot I_{n,I}}{n_{iI}} = \frac{1,1 \cdot 1 \cdot 164,96}{40} = 4,54$$

Chọn dòng khởi động của role là $I_{kd,R} = 4,6 \text{ A}$ với thời gian duy trì quá tải là $t = 3 \text{ s}$, tín hiệu quá tải được thể hiện dưới dạng còi hoặc đèn hiệu.

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ chống quá tải

$$I_{kd,qt} = \frac{I_{kdR} \cdot n_{iI}}{k_{sdI}} = \frac{25,5 \cdot 40}{1} = 184 \text{ A.}$$

d. Bảo vệ bằng role hơi kiểu ПГ-22, khi role này sẽ tác động nó sẽ gửi tín hiệu bằng đèn hoặc còi đồng thời gửi tín hiệu đến các cơ cấu thừa hành để cắt máy cắt khi có sự cố trầm trọng xảy ra.

e. Bảo vệ chống ngắn mạch một pha chạm đất: Khi có sự cố ngắn mạch chạm đất tín hiệu được thu nhận bởi cuộn dây tam giác hở của máy biến điện áp 3HOM mắc trên thanh cái 35 kV, tín hiệu được thể hiện dưới dạng còi hoặc đèn hiệu.

3) *Bảo vệ máy biến áp tự dùng:* Máy biến áp tự dùng được bảo vệ bằng cầu chảy loại ПК, dòng khởi động của cầu chảy được xác định theo biểu thức

$$I_{kd,cc} = 2,5 \cdot I_{n,td}$$

Dòng điện định mức của máy biến áp tự dùng được xác định theo biểu thức

$$I_{n,td} = \frac{S_{td}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{50}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,82 \text{ A}$$

Vậy $I_{kd,cc} = 2,5 \cdot 0,82 = 2,06 \text{ A}$

Ta chọn $I_{kd,CC} = 2,5 \text{ A}$.

3. BÀI TẬP TỰ GIẢI

7.1. Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cực đại cho đường dây 10 kV, biết dòng điện làm việc cực đại $I_{lvMax} = 148 \text{ A}$, hệ số mở máy $k_{mm} = 1,5$, hệ số tin cậy $k_{tc} = 1,2$; Dòng ngắn mạch cuối

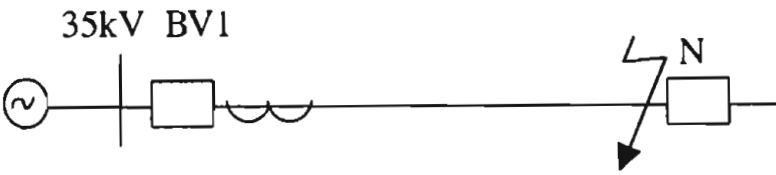
đường dây là $I_k^{(3)}=0,96$ kA.

7.2. Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cực đại cho đường dây 35 kV, biết dòng điện làm việc cực đại $I_{lvMax} = 450$ A, hệ số mở máy $k_{mm}=1,5$, hệ số tin cậy $k_{tc} = 1,2$; Dòng ngắn mạch cuối đường dây là $I_k^{(3)}=1,6$ kA.

7.3. Hãy tính toán bảo vệ cắt nhanh cho trạm biến áp 110/10 kV biết công suất của máy biến áp là $S_{ba} = 10000$ kVA; điện áp định mức $U_1= 110$ và $U_2= 11$ kV; dòng ngắn mạch ngoài tại điểm N là $I_k^{(3)} 1,65$ kA; hệ số tin cậy $k_{tc} = 1,25$.

7.4. Hãy tính toán bảo vệ cắt nhanh cho trạm biến áp 110/22 kV biết công suất của máy biến áp là $S_{ba} = 16000$ kVA; điện áp định mức $U_1= 110$ và $U_2= 22$ kV; dòng ngắn mạch ngoài tại điểm N là $I_k^{(3)} 2,13$ kA; hệ số tin cậy $k_{tc} = 1,2$.

7.5. Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cực đại và bảo vệ cắt nhanh cho một đường dây 35 kV, biết dòng điện làm việc cực đại $I_{lvMax} = 450$ A, dòng ngắn mạch 3 pha ở cuối đường dây t là $I_k = 2,27$ kA, hệ số mở máy $k_{mm}=1,5$.



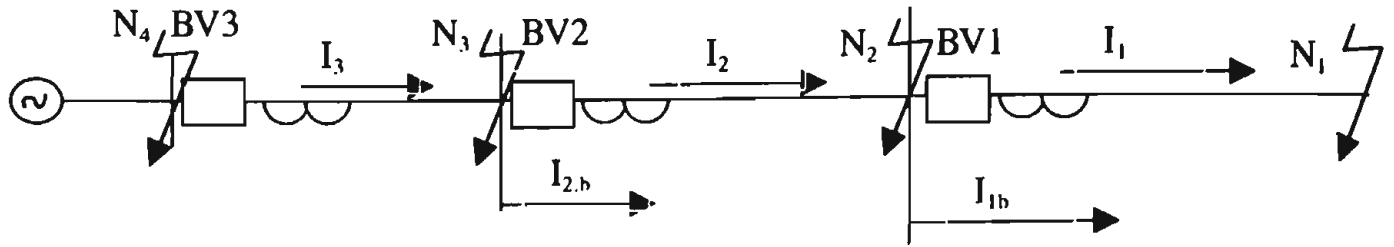
Hình 7.13. Sơ đồ mạng điện bài tập 7.5.

7.6. Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cực đại và bảo vệ cắt nhanh cho một đường dây 10 kV, biết dòng điện làm việc cực đại $I_{lvMax} = 218$ A, dòng ngắn mạch 3 pha ở cuối đường dây t là $I_k = 1,56$ kA, hệ số mở máy $k_{mm}=1,5$; hệ số tin cậy $k_{tc} = 1,2$.

7.7. Tính toán bảo vệ dòng điện cực đại cho mạng điện 35 kV, biết dòng điện làm việc và dòng ngắn mạch trên các đoạn dây:

Dòng làm việc , A			Dòng ngắn mạch, kA			
I_1	$I_{1,b}$	$I_{2,b}$	I_{k1}	I_{k2}	I_{k3}	I_{k4}
122	107	236	1,94	2,77	3,09	4,26

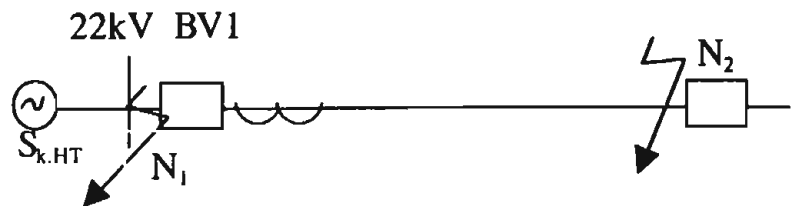
Các hệ số: $k_{mm} = 1,5$; $k_{tc} = 1,25$; thời gian tác động của bảo vệ 1 là $t_1 = 0,57$ s; thời gian trễ giữa các bảo vệ $\Delta t = 0,43$ s.



Hình 7.14. Sơ đồ tính toán bảo vệ rơle mạng điện 35 kV bài tập 7.7.

7.8. Đường dây 22 kV, có chiều dài 9,3 km, được làm bằng dây dẫn AC-95, công suất ngắn mạch của hệ thống là $S_{k,ht} = 285$ MVA. Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cực đại, biết dòng điện làm việc cực đại $I_{lv,Max} = 317$ A, hệ số mở máy $k_{mm} = 1,5$; hệ số tin cậy lấy bằng 1,2.

Hình 7.15. Sơ đồ mạng điện bài tập 7.8.



7.9. Đường dây 10 kV, có chiều dài 5,6 km, được làm bằng dây dẫn AC-70, công suất ngắn mạch của hệ thống là $S_{k,ht} = 168$ MVA. Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cắt nhanh, hệ số tin cậy lấy bằng 1,2.

7.10. Hãy tính toán bảo vệ so lệch dọc cho thanh cái 22 kV, biết dòng điện làm việc là $I_{lv} = 350$ A, dòng ngắn mạch cực đại ngoài vùng bảo vệ là $I_{k2} = I_{k,Max,ng} = 0,87$ kA. hệ số tin cậy lấy bằng 1,3.

7.11. Tính toán bảo vệ rơle so lệch cho máy biến áp TMDH 25000/110 có công suất định mức $S_n = 10000$ kVA, điện áp định mức là 115/35 kV, máy có bộ phận tự động điều chỉnh điện áp với $\Delta U_{dc} = 10\%$. Dòng điện ngắn mạch cực đại tại thanh cái phía thứ cấp (ngoài vùng bảo vệ) là $I_{kmax} = 2,14$ kA. Tổ nối của máy biến áp là Y/ Δ ; hệ số tin cậy lấy bằng 1,3.

7.12: Tính toán bảo vệ rơle so lệch cho máy phát có công suất định mức $S_{mp} = 30$ MVA, điện áp định mức là 6,3 kV, suất điện động trong hệ đơn vị tương đối là $E_* = 1,05$; điện trở siêu quá độ dọc trục $x''_{d*} = 0,13$.

7.13: Tính toán bảo vệ rơle so lệch cho máy phát có công suất định mức $S_{mp} = 15$ MVA, điện áp định mức là 10,5 kV, suất điện động trong hệ đơn vị tương đối là $E_* = 1,05$; điện trở siêu quá độ dọc trục $x''_{d*} = 0,125$.

7.14. Hãy thực hiện bảo vệ rơle cho trạm thủy điện nhỏ với sơ đồ như hình 7.12: Các tham số định mức của các phần tử cho trong bảng sau

Phần tử	Công suất d.mức	Điện áp định mức. kV		Sdd	Điện trở
	S, kVA	U_1	U_2	E^*	x''_d
Máy phát	2500	6,3		1,05	0,13
Máy biến áp	3200	6,3	10,5		
BA. tự dùng	50	10	0,4		

Máy biến áp có bộ phận tự động điều chỉnh điện áp với $\Delta U_{dc}=10\%$. Tổ nối của máy biến áp là Δ/Y ; hệ số tin cậy lấy bằng 1,25.

Chương 8

BẢO VỆ CHỐNG QUÁ ĐIỆN ÁP TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1.1. Phạm vi bảo vệ của cột thu lôi đơn

Bán kính vùng bảo vệ của thu lôi đơn

Với chiều cao $h \leq 30$ m

$$r_x = \frac{1,6.h.h_a}{h+h_x}, \quad (8.1)$$

trong đó:

h - chiều cao cột thu lôi, m;

r_x - bán kính phạm vi bảo vệ ở mức h_x , m;

h_x - chiều cao công trình cần bảo vệ, m;

$h_a = h - h_x$ - chiều cao hiệu dụng cột thu lôi.

Chiều cao h của cột chống sét được xác định theo phương trình

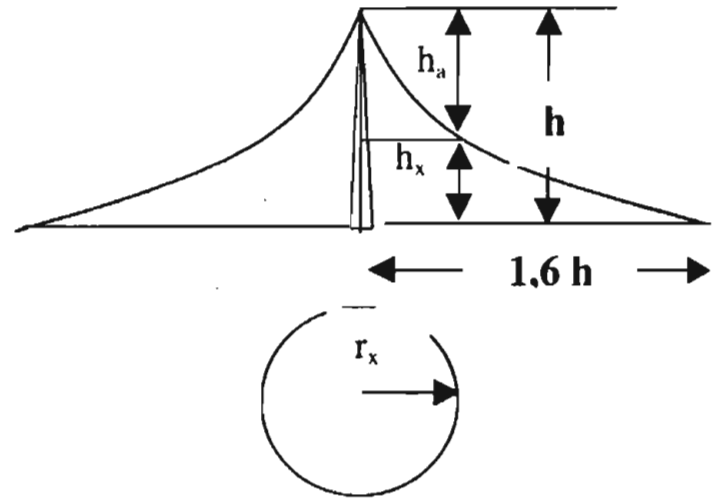
$$1,6h^2 - (r_x + 1,6h_x)h - r_x h_x = 0 \quad (8.2)$$

Khi $h > 30$ m:

$$r_x = \frac{1,6.h.h_a}{h+h_x} .P \quad (8.3)$$

Hệ số hiệu chỉnh
$$p = \frac{5,5}{\sqrt{h}} \quad (8.4)$$

Tức là
$$r_x = \frac{8,8.h.h_a}{(h+h_x)\sqrt{h}} \quad (8.5)$$



Hình 8.1. Vùng bảo vệ cột thu lôi đơn.

1.2. Phạm vi bảo vệ của cột thu lôi kép

Độ cao của đường đặc tính bảo vệ

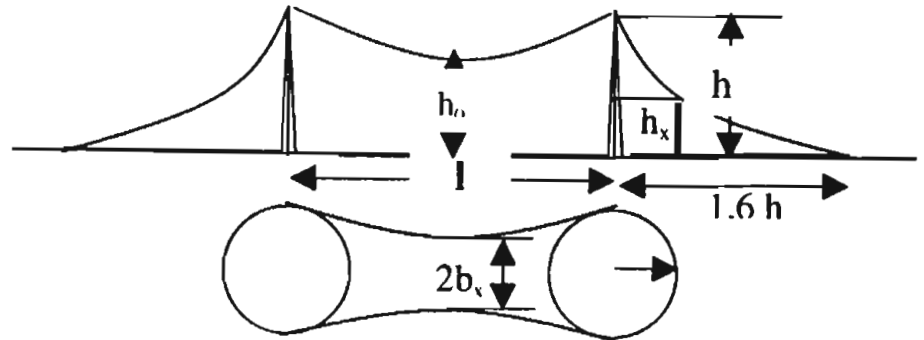
$$h_0 = h - \frac{l}{7} \quad (8.6)$$

Khi $h > 30\text{m}$

$$h_0 = h - \frac{l}{7p} \quad (8.7)$$

Bề rộng của vùng bảo vệ được xác định:

$$2b_x = \frac{7h_a - l}{14h_a - l} 4r_x \quad (8.8)$$



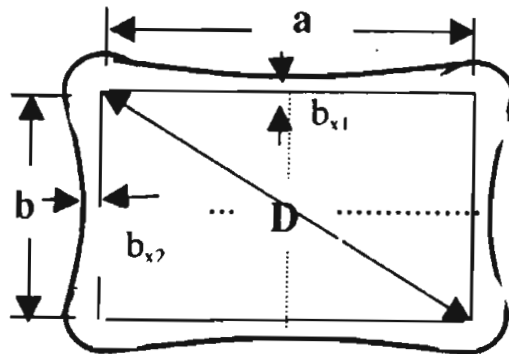
Hình 8.2. Vùng bảo vệ cột thu lôi kép.

1.3. Phạm vi bảo vệ của nhiều cột thu lôi

Công trình có độ cao h_x nằm trong vùng bảo vệ hình thành bởi nhiều cột thu lôi phải thỏa mãn điều kiện:

$$\text{nếu } h \leq 30 \text{ m: } D \leq 8h_a \quad (8.9)$$

$$\text{nếu } h > 30 \text{ m } D \leq 8h_a.P. \quad (8.10)$$



Hình 8.3. Vùng bảo vệ của nhiều cột thu lôi.

D - đường kính đường tròn ngoại tiếp đi qua chân các cột thu sét.

Khi số cột lớn hơn 3 cần phải kiểm tra điều kiện bảo vệ an toàn cho từng cặp ba cột gần nhau

1.4. Bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cho các công trình dải

Chiều rộng của phạm vi bảo vệ dây chống sét b_x , ứng với chiều cao được bảo vệ h_x , tính theo:

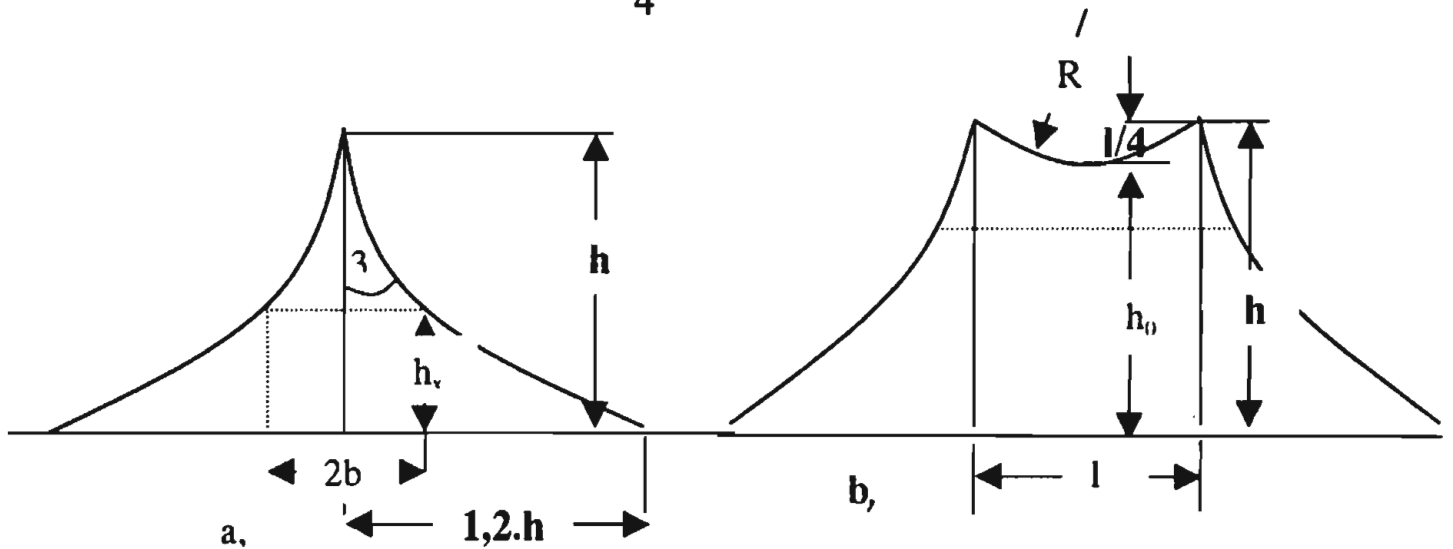
- Khi $h_x > \frac{2}{3}h$, thì $b_x = 0,6h \left(1 - \frac{h_x}{h}\right)$. (8.11)

Tức là chiều cao tối thiểu để treo dây chống sét là

$$h = \frac{b_x + 0,6 \cdot h_x}{0,6} \quad (8.12)$$

Khi $h_x \leq \frac{2}{3}h$, thì $b_x = 1,2h \left(1 - \frac{h_x}{0,8 \cdot h}\right)$. (8.13)

Nếu khoảng cách $l < 4h$ thì có thể bảo vệ được các dây dẫn (nằm giữa hai dây chống sét) có độ treo cao: $h_0 = h - \frac{l}{4}$; (8.14)



Hình 8.4. a. Đặc tính bảo vệ của dây chống sét đơn; b. Đặc tính bảo vệ của dây chống sét kép.

2. BÀI GIẢI MẪU

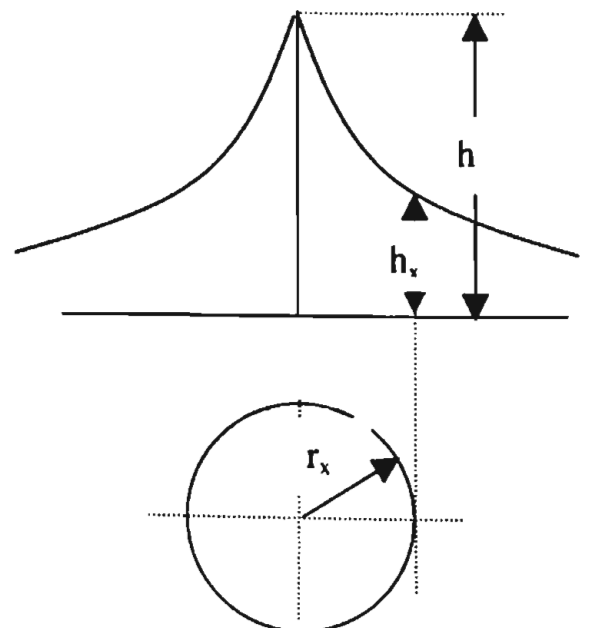
Bài 8.1: Hãy xác định vùng bảo vệ của cột thu lôi, biết cột có chiều cao $h = 25$ m bảo vệ cho thiết bị có chiều cao $h_x = 14,5$ m.

Giải:

Trước hết ta xác định chiều cao hiệu dụng

$$h_a = h - h_x = 25 - 14,5 = 10,5$$

m;



Hình 8.5. Vùng bảo vệ của cột thu lôi đơn bài toán 8.1.

Bán kính của vùng bảo vệ ứng với chiều cao h_x xác định theo (8.1)

$$r_x = \frac{1,6 \cdot h \cdot h_a}{h + h_x} = \frac{1,6 \cdot 25 \cdot 10,5}{25 + 14,5}$$

$$= 10,63 \text{ m.}$$

Bài 8.2: Hãy xác định vùng bảo vệ của cột thu lôi, biết cột có chiều cao 36 m bảo vệ cho thiết bị có chiều cao 25,5 m.

Giải:

Trước hết ta xác định chiều cao hiệu dụng

$$h_a = h - h_x = 36 - 25,5 = 10,5 \text{ m}$$

Do chiều cao $h > 30 \text{ m}$ nên bán kính của vùng bảo vệ ứng với chiều cao h_x xác định theo biểu thức

$$r_x = \frac{8,8 \cdot h \cdot h_a}{(h + h_x) \sqrt{h}} = \frac{18,8 \cdot 36 \cdot 10,5}{(36 + 25,5) \sqrt{36}} = 9 \text{ m.}$$

Bài 8.3: Xác định vùng bảo vệ của cột thu lôi kép có chiều cao $h = 27,4 \text{ m}$ bảo vệ cho thiết bị có chiều cao $h_x = 18,25 \text{ m}$. Khoảng cách giữa hai cột thu lôi là $l = 38,25 \text{ m}$.

Giải:

Chiều cao hiệu dụng:

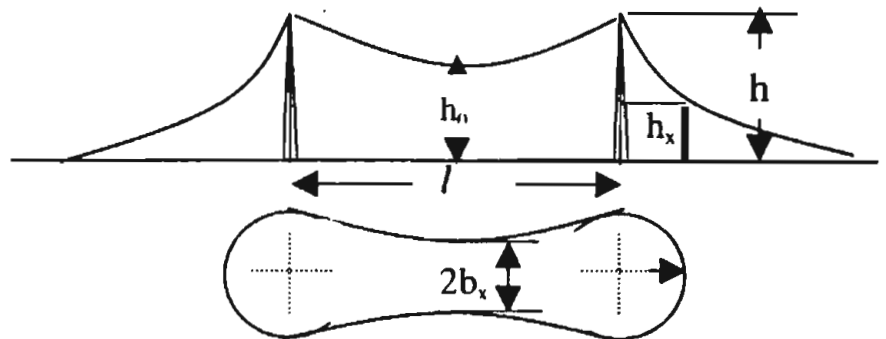
$$h_a = 27,4 - 18,25 = 9,15 \text{ m.}$$

Bán kính vùng bảo vệ ở độ

cao h_x

$$r_x = \frac{1,6 \cdot h \cdot h_a}{h + h_x}$$

$$= \frac{1,6 \cdot 27,4 \cdot 9,15}{27,4 + 18,25} = 8,79 \text{ m}$$



Hình 8.6. Vùng bảo vệ của cột chống sét kép bài toán 8.3.

Bề ngang hẹp nhất của vùng bảo vệ xác định theo biểu thức (8.8):

$$2b_x = \frac{7 \cdot h_a - l}{14 \cdot h_a - l} \cdot 4r_x = \frac{7 \cdot 9,15 - 38,25}{14 \cdot 9,15 - 38,25} \cdot 4 \cdot 8,79 = 10,09 \text{ m.}$$

Chiều cao h_0 , $h_0 = h - \frac{l}{7} = 27,4 - \frac{38,25}{7} = 21,94 \text{ m}$

Bài 8.4: Xác định vùng bảo vệ của cột thu lôi kép có chiều cao 41,5 m bảo vệ cho thiết bị có chiều cao $h_x = 32,7$ m. Khoảng cách giữa hai cột thu lôi là 34 m.

Giải:

Chiều cao hiệu dụng: $h_a = 41,5 - 32,7 = 8,8$ m.

Do chiều cao $h > 30$ m nên

bán kính của vùng bảo vệ ứng với chiều cao h_x xác định theo biểu thức

$$r_x = \frac{8,8 \cdot h \cdot h_a}{(h + h_x) \sqrt{h}} = \frac{18,8 \cdot 41,5 \cdot 8,8}{(41,5 + 32,7) \sqrt{41,5}} = 6,72 \text{ m.}$$

Bề ngang hẹp nhất của vùng bảo vệ xác định theo biểu thức :

$$2b_x = \frac{7 \cdot h_a - 1}{14 \cdot h_a - 1} \cdot 4r_x = \frac{7 \cdot 8,8 - 34}{14 \cdot 8,8 - 34} \cdot 4 \cdot 6,72 = 8,32 \text{ m.}$$

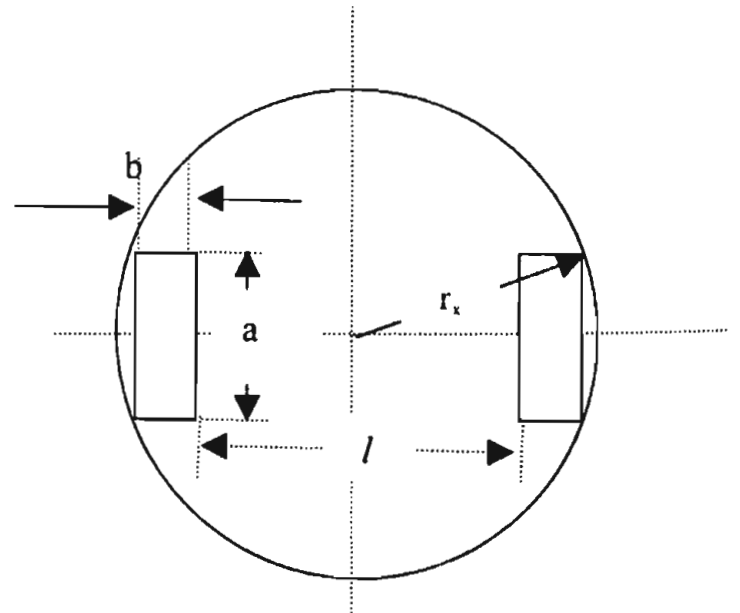
Chiều cao h_0 : $h_0 = h - \frac{l}{7} = 41,5 - \frac{34}{7} = 36,64$ m

Bài 8.5 : Hai thiết bị có kích thước $a \times b = 10 \times 6$ m, chiều cao $h_x = 8,5$ m đặt cách nhau 23 m (theo chiều ngang, hình 8.7). Hãy tính toán bảo vệ chống sét đánh trực tiếp sao cho có hiệu quả nhất.

Giải: Có thể có hai phương án thực hiện bảo vệ chống sét là dùng một cột thu lôi đặt giữa hai thiết bị và dùng hai cột thu lôi đặt ngay trên các thiết bị.

a) Phương án dùng một cột đặt tại điểm giữa, tức là bán kính vùng bảo vệ:

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\left(\frac{l}{2} + b\right)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \\ &= \sqrt{\left(\frac{23}{2} + 6\right)^2 + \left(\frac{10}{2}\right)^2} = 18,2 \text{ m;} \end{aligned}$$



Hình 8.7. Sơ đồ tính toán chống sét bài toán 8.5

Chiều cao của cột thu lôi được xác định từ phương trình

$$1,6h^2 - (r_x + 1,6h_x)h - r_x h_x = 0;$$

Thay số vào ta được phương trình bậc

hai:

$$1,6h^2 + (18,2 + 1,6 \cdot 8,5) \cdot h - 18,2 \cdot 8,5 = 0$$

$$1,6h^2 - 31,8h - 154,7 = 0;$$

Giải phương trình bậc hai ta tìm được

$$\Delta = B^2 - 4AC = 31,8^2 + 4 \cdot 1,6 \cdot 154,7 = 2001,35$$

$$h_1 = \frac{-B + \sqrt{\Delta}}{2A} = \frac{31,8 + \sqrt{2001,35}}{2 \cdot 1,6} = 23,92 \text{ m}; h_2 = -4,04 \text{ m}$$

Loại bỏ nghiệm h_2 vì không phù hợp. Vậy chiều cao cần thiết của cột thu lôi là 23,92 m.

b) Phương án dùng hai cột thu lôi đặt ngay trên các thiết bị cần bảo vệ

Bán kính của mỗi vùng bảo vệ ở độ cao h_x là

$$r_x = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{10}{2}\right)^2 + \left(\frac{6}{2}\right)^2} = 5,83 \text{ m}$$

Thay vào phương trình tương tự như trên

$$1,6h^2 - 19,43h - 49,56 = 0;$$



Giải phương trình bậc hai tương tự như trên ta tìm được $\Delta = 694,76$

$$h_1 = 14,31 \text{ m}; h_2 = -2,16 \text{ m} \quad (\text{bỏ nghiệm } h_2 \text{ vì bất hợp lý})$$

Nếu đặt các thu lôi ngay trên các thiết bị thì chiều cao cần thiết phải xây dựng sẽ là

$$h_{ct} = h - h_x = 14,31 - 8,5 = 5,81 \text{ m}.$$

Như vậy tổng chiều cao cần xây dựng của phương án 2 là

$$h_{\Sigma} = 2 \cdot 5,81 = 12,3 \text{ m}.$$

$$\text{Chiều cao } h_0: h_0 = h - \frac{l}{7} = 14,31 - \frac{23}{7} = 11,02 \text{ m} > h_x = 8,5 \text{ m}$$

So sánh chiều cao cần xây dựng của hai phương án ta thấy phương án 2 rẻ hơn nhiều so với phương án 1. Vậy ta chọn phương án 2 với hai cột thu lôi đặt trên các thiết bị.

Nhận xét: Ta dễ dàng nhận thấy phương án dùng 2 cột thu lôi cho phép lợi dụng chiều cao của bản thân đối tượng được bảo vệ nên thường mang lại hiệu quả kinh tế lớn hơn nhiều so với phương án dùng thu lôi đơn

Bài 8.6 : Hai thiết bị có kích thước $a \times b = 12 \times 5,5 \text{ m}$, chiều cao $h_x = 9,6 \text{ m}$ đặt cách nhau 40 m. Hãy tính toán bảo vệ chống sét đánh trực tiếp sao cho có hiệu quả nhất.

Giải: Giải tương tự như bài 5

a) Phương án dùng một cột đặt tại điểm giữa, tức là bán kính vùng bảo vệ:

$$r_x = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + b\right)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{40}{2} + 5,5\right)^2 + \left(\frac{12}{2}\right)^2} = 26,2 \text{ m}$$

Chiều cao của cột thu lôi được xác định từ phương trình

$$1,6h^2 - (r_x + 1,6h_x)h - r_x h_x = 0;$$

Thay số vào ta được phương trình bậc

hai:

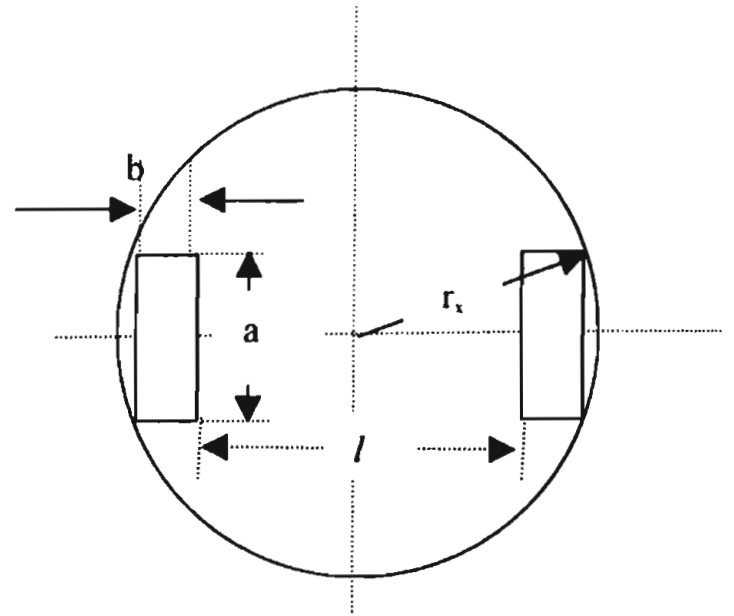
$$1,6h^2 - 41,56h - 251,49 = 0;$$

Giải phương trình bậc hai ta tìm được

$$\Delta = B^2 - 4.A.C = 3336,44$$

$$h_1 = \frac{-B + \sqrt{\Delta}}{2A} = \frac{41,56 + \sqrt{3336,44}}{2.1,6} =$$

$$= 31,04 \text{ m}; h_2 = -5,06 \text{ m}$$



Loại bỏ nghiệm h_2 vì không phù hợp. **Hình 8.8.** Sơ đồ tính toán chống sét bài toán 8.6.

Vậy chiều cao cần thiết của cột thu lôi là 31,04

m. Ta thấy chiều cao $h_1 > 30$ m, vì vậy cần hiệu chỉnh lại bằng cách thay giá trị r_x bằng r'_x

$$r'_x = r_x \cdot P = r_x \cdot \frac{5,5}{\sqrt{h}} = 26,2 \cdot \frac{5,5}{\sqrt{31,04}} = 26,2 \cdot 0,964 = 25,86 \text{ m};$$

Phương trình mới nhận được có dạng

$$1,6h^2 - 41,22h - 248,27 = 0;$$

Nghiệm của phương trình này là $h'_1 = 30,8$ m và $h'_2 = -5,04$

b) Phương án dùng hai cột thu lôi đặt ngay trên các thiết bị cần bảo vệ

Bán kính của mỗi vùng bảo vệ ở độ cao h_x là

$$r_x = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{12}{2}\right)^2 + \left(\frac{5,5}{2}\right)^2} = 6,6 \text{ m}$$

Thay vào phương trên tương tự như trên

$$1,6h^2 - 21,96.h - 63,36 = 0;$$

Giải phương trình bậc hai tương tự như trên ta tìm được $\Delta = 1090$

$$h_1 = 16,17 \text{ m}; h_2 = -2,45 \text{ m} \quad (\text{bỏ nghiệm } h_2)$$

Chiều cao h_0 : $h_0 = h - \frac{l}{7.P} = 16,17 - \frac{40}{7.0,964} = 10,34 \text{ m} > h_x = 9,6 \text{ m}$

Nếu đặt các thu lôi ngay trên các thiết bị thì chiều cao cần thiết phải xây dựng sẽ là

$$h_{ct} = h - h_x = 16,17 - 9,6 = 6,57 \text{ m.}$$

Như vậy tổng chiều cao cần xây dựng của phương án 2 là

$$h_{\Sigma} = 2.6,57 = 13,15 \text{ m.}$$

Nhận xét: ở phương án 2 do tận dụng được chiều cao của bản thân thiết bị được bảo vệ nên chiều cao cần xây dựng của phương án 2 rẻ hơn nhiều so với phương án 1. Vậy ta chọn phương án 2 với hai cột thu lôi đặt trên các thiết bị.

Bài 8.7: Hãy tính toán bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cho một toà nhà kích thước $a \times b = 16 \times 6 \text{ m}$, cao $18,5 \text{ m}$. (hình 8.9)

Giải: Đối với toà nhà có thể bảo vệ chống sét bằng cách xây dựng các cột chống sét ngay trên tầng thượng theo các phương án sau:

Đặt 4 cột thu lôi ở 4 góc. Đặt hai dây cột thu lôi dọc theo hai mép biên của tầng thượng.

a, Phương án 1: dùng 4 cột thu lôi đặt trên 4 góc tầng thượng.

Đường kính đường tròn đi qua chân các cột thu lôi được xác định

$$D = \sqrt{16^2 + 6^2} = 17,01 \text{ m.}$$

Chiều cao hiệu dụng của cột thu lôi

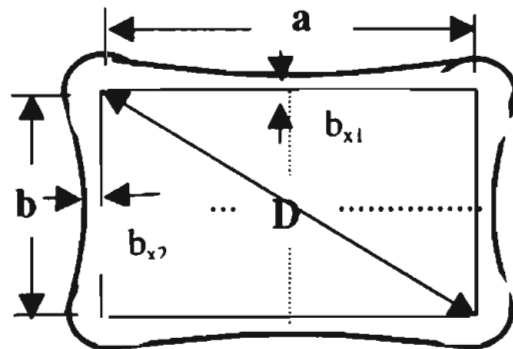
$$h_a \geq D/8 = 17,01/8 = 2,14 \text{ m.}$$

Chọn $h_a = 2,2 \text{ m}$. Nếu đặt cột thu lôi trên tầng thượng thì chiều cao thực tế của nó sẽ là

$$h = h_a + h_x = 2,2 + 18,5 = 20,7 \text{ m.}$$

Xác định bán kính bảo vệ của cột thu lôi:

$$r_x = \frac{1,6.h.h_a}{h + h_x} = \frac{1,6.20,7.2,2}{20,7 + 18,5} = 1,86 \text{ m}$$



Hình 8.9. Sơ đồ tính toán chống sét bài toán 8.7.

Chiều cao h_0 : $h_{01} = h - \frac{a}{7} = 20,7 - \frac{16}{7} = 18,4 < 18,5 \text{ m}$; (không đảm bảo yêu cầu)

$$h_{02} = h - \frac{b}{7} = 20,7 - \frac{6}{7} = 19,84 > 18,5 \text{ m}$$

Xác định giá trị:

$$b_{x1} = \frac{7h_a - a}{14h_a - a} 2.r_x = \frac{7.2,2 - 16}{14.2,2 - 16} 2.1,86 = -0,15 \text{ m}$$

(không đảm bảo an toàn);

$$b_{x2} = \frac{7h_a - b}{14h_a - b} 2.r_x = \frac{7.2,2 - 6}{14.2,2 - 6} 2.1,86 = 1,41 \text{ m}$$

Như vậy theo phương án này để đảm bảo cho hệ thống thu lôi có thể bảo vệ an toàn cho tòa nhà cần tăng chiều cao của cột thu lôi lên giá trị $h_a = 2,5$. Khi đó các tham số được tính toán lại với kết quả như sau:

$$r_x = 2,13 \text{ m}; h = 21; h_{01} = 18,71; h_{02} = 20,14; b_{x1} = 0,34 \text{ và } b_{x2} = 1,69$$

b) Phương án 2: dùng 6 cột thu lôi đặt thành 2 hàng, mỗi hàng 3 cột, chiều cao hiệu dụng của cột thu lôi được xác định theo đường kính D'

$$D' = \sqrt{(16/2)^2 + 6^2} = 10 \text{ m.}$$

$$h_a \geq D'/8 = 10/8 = 1,25 \text{ m. Chọn } h_a = 1,5 \text{ m.}$$

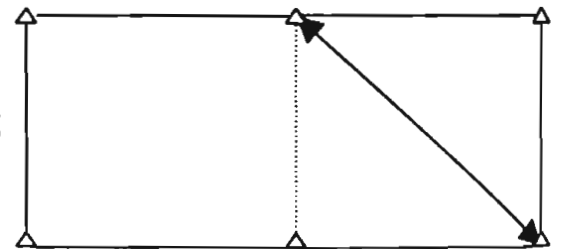
Tính toán tương tự như trên, kết quả ghi trong bảng

So sánh 2 phương án

Phương án 1 có tổng chiều cao cột là $4.2 = 8 \text{ m}$.

Phương án 2 có tổng chiều cao cột là $6.1,3 = 7,8 \text{ m}$.

Có thể nói tổng chi phí của phương án 2 nhỏ hơn phương án 1, hơn nữa về mỹ quan thì phương án 2 cũng tốt hơn. Các kết quả tính toán của các phương án được thể hiện trong bảng



P.án	h_a , m	r_x	Chiều cao đ.tính		Bề rộng biên		Số cột	h_{Σ} , m
			h_{01}	h_{02}	b_{x1}	b_{x2}		
1	2,5	2,13	18,71	20,14	0,34	1,69	4	10
2	1,5	1,25	18,86	19,14	0,48	0,75	6	9

Bài 8.8. Hãy xác định phạm vi bảo vệ của 3 cột chống sét, có chiều cao hiệu dụng $h_a=2,5$ m đặt trên 2 góc và điểm giữa của cạnh dài của một thiết bị có kích thước $a = 13$, $b = 8$ và $h_x = 20$ m. Kiểm tra xem hệ thống chống sét trên có thể bảo vệ an toàn cho thiết bị không?

Giải: Tổng chiều cao của cột thu lôi là

$$h = h_x + h_a = 20 + 2,5 = 22,5 \text{ m.}$$

trước hết ta xác định bán kính r_x của các vùng bảo vệ

$$r_x = \frac{1,6 \cdot h \cdot h_a}{h + h_x} = \frac{1,6 \cdot 22,5 \cdot 2,5}{22,5 + 20} = 2,12 \text{ m.}$$

Khoảng cách giữa các cột thu lôi $l_{1,2} = 13$ m.

$$l_{2,3} = l_{3,1} = \sqrt{b^2 + (a/2)^2} = \sqrt{8^2 + (13/2)^2} = 10,31 \text{ m.}$$

Xác định bề rộng b_x theo biểu thức (9.6.9)

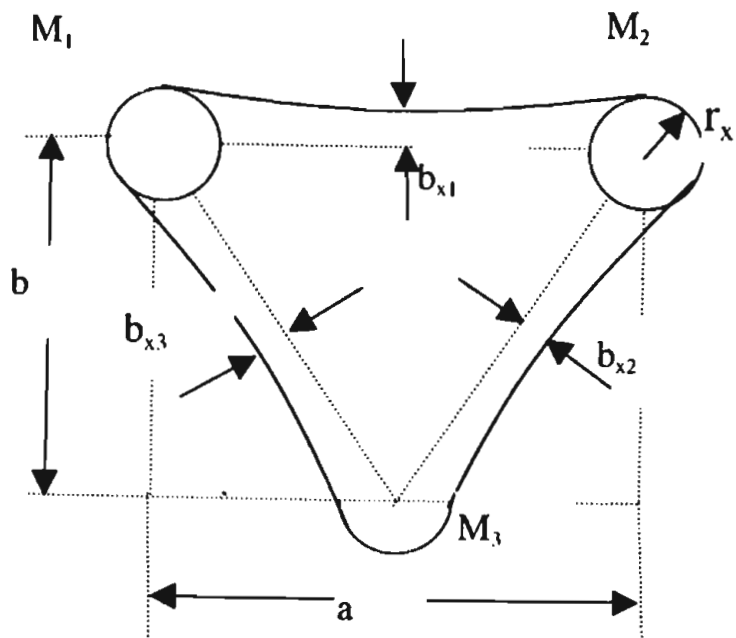
$$b_{x1} = \frac{7 \cdot h_a - a}{14 \cdot h_a - a} 2 \cdot r_x = \frac{7 \cdot 2,5 - 13}{14 \cdot 2,5 - 13} 2 \cdot 2,12 = 0,87 \text{ m}$$

$$b_{x2} = b_{x3} = \frac{7 \cdot h_a - l_{23}}{14 \cdot h_a - l_{23}} 2 \cdot r_x = \frac{7 \cdot 2,5 - 10,31}{14 \cdot 2,5 - 10,31} 2 \cdot 2,12 = 1,23 \text{ m.}$$

Chiều cao đường đặc tính bảo vệ

$$h_{01} = h - \frac{a}{7} = 22,5 - \frac{13}{7} = 20,64;$$

$$h_{02} = h_{03} = h - \frac{l_{23}}{7} = 22,5 - \frac{10,31}{7} = 21,03 \text{ m}$$



Hình 8.10. Sơ đồ tính toán bảo vệ chống sét bài 8.8.

Căn cứ vào vùng bảo vệ được biểu thị trên hình 8.10 có thể nhận thấy thiết bị kích thước 13x8 m không thể được bảo vệ an toàn bởi hệ thống cột thu lôi trên.

Bài 8.9. Một đường dây cao áp có chiều cao treo dây là $h_x = 12$ m, khoảng cách giữa các dây là 4,2 m. Hãy tính toán bảo vệ chống sét đánh trực tiếp.

Giải: Hệ thống chống sét có thể được thực hiện theo 2 phương án: Dùng một dây và dùng hai dây chống sét.

a) **Phương án 1:** dùng một dây chống sét treo ở giữa, lúc đó bề rộng dải bảo vệ sẽ là

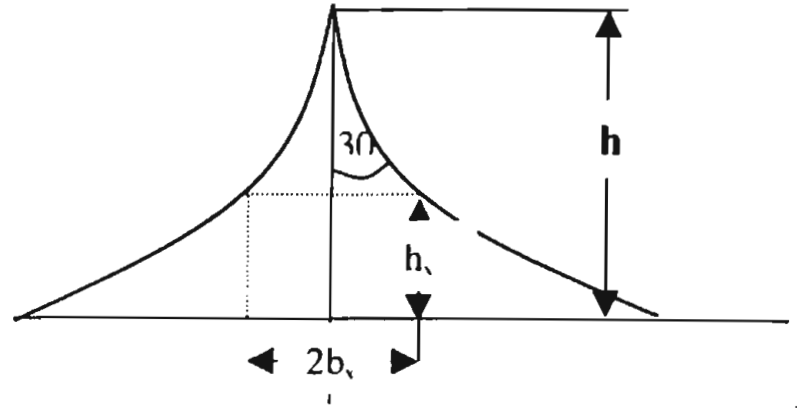
$$2 b_x = 2.4,2 = 8,4 \text{ m, tức là } b_x = 4,2 \text{ m}$$

Với $h_x > 2h/3$, Chiều cao treo dây chống sét tối thiểu là

$$h = \frac{b_x + 0,6.h_x}{0,6} = \frac{4,2 + 0,6.12}{0,6} = 19 \text{ m}$$

Chiều cao hiệu dụng

$$h_a = h - h_x = 19 - 12 = 7 \text{ m}$$



Hình 8.11. Vùng bảo vệ của dây chống sét đơn bài 8.9.

b) **Phương án 2:** dùng hai dây chống sét đi song song cách nhau 3 m, như vậy bề rộng $b_x = 4,2/2 = 2,1 \text{ m}$.

Chiều cao treo dây chống sét

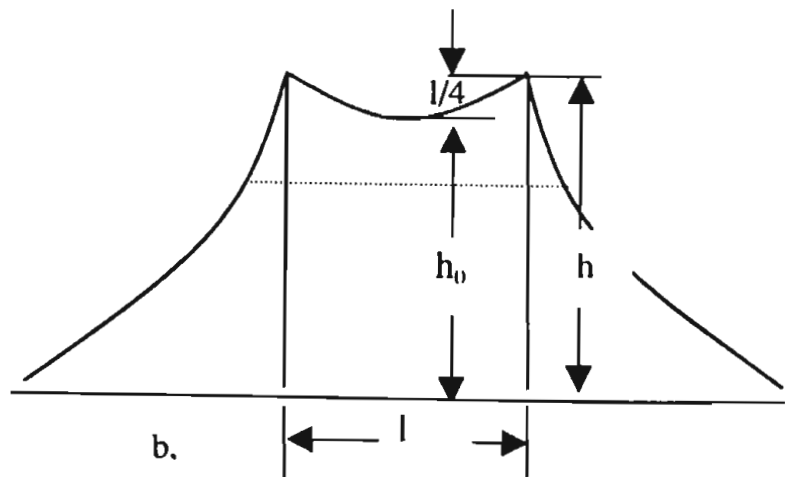
$$h = \frac{2,1 + 0,6.12}{0,6} = 15,5 \text{ m.}$$

Chiều cao hiệu dụng

$$h_a = h - h_x = 15,5 - 12 = 3,5 \text{ m}$$

Xác định giá trị h_0 :

$$h_0 = h - \frac{l}{4} = 15,5 - \frac{4,2}{4} = 14,45 \text{ m} > h_x.$$



Hình 8.12. Đặc tính bảo vệ của dây chống sét kép bài 8.9.

Vậy bảo vệ an toàn cho các dây pha.

3. BÀI TẬP

8.1. Hãy xác định vùng bảo vệ của cột thu lôi, biết cột có chiều cao 23 m bảo vệ cho thiết bị có chiều cao 14,6 m.

8.2. Hãy xác định vùng bảo vệ của cột thu lôi, biết cột có chiều cao 42 m bảo vệ cho thiết bị có chiều cao 31,7 m.

Một thiết bị có kích thước 7x9,5 m cao 13 m đặt cách cột thu lôi cao $h = 21$ m một khoảng 7,4 m theo bề rộng. Hãy kiểm tra xem thiết bị có được bảo vệ chống sét an toàn không?

8.3: Xác định vùng bảo vệ của cột thu lôi kép có chiều cao 26,77 m bảo vệ cho thiết bị có chiều cao $h_x = 17,45$ m. Khoảng cách giữa hai cột thu lôi là 33,5 m.

8.4. Xác định vùng bảo vệ của cột thu lôi kép cao 36 m bảo vệ cho thiết bị có chiều cao $h_x=27,4$ m. Khoảng cách giữa hai cột thu lôi là 37,2 m

8.5 : Hai thiết bị có kích thước $axb = 13,6 \times 7,8$ m, chiều cao $h_x = 6,7$ m đặt cách nhau 18 m. Hãy tính toán bảo vệ chống sét đánh trực tiếp sao cho có hiệu quả nhất.

8.6 : Hai thiết bị có kích thước $axb = 12,4 \times 7,6$ m, chiều cao $h_x = 13,6$ m đặt cách nhau 42 m. Hãy tính toán bảo vệ chống sét đánh trực tiếp sao cho có hiệu quả nhất.

8.7: Hãy tính toán bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cho một toà nhà kích thước $axb = 20,5 \times 7,6$ m, cao 20 m.

8.8. Hãy xác định phạm vi bảo vệ của 3 cột chống sét, có chiều cao hiệu dụng $h_a=4$ m đặt trên 2 góc và điểm giữa của cạnh dài của một thiết bị có kích thước $a=8$, $b = 6,5$ và $h_x = 17,5$ m. Kiểm tra xem hệ thống chống sét trên có thể bảo vệ an toàn cho thiết bị không?

8.9. Một đường dây cao áp có chiều cao treo dây là $h_x = 13$ m, khoảng cách giữa các dây là 4,7 m. Hãy tính toán bảo vệ chống sét đánh trực tiếp.

Chương 9

NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ĐIỆN

1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1.1. Các phương pháp đánh giá chất lượng điện

1.1.1. Đánh giá chất lượng điện theo mô hình xác suất thống kê

Xác suất chất lượng p_{CL} là xác suất mà độ lệch điện áp v của mạng điện nằm trong giới hạn cho phép

$$p_{CL} = \int_{v_{cp}^-}^{v_{cp}^+} \frac{1}{\sigma_v \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v-v_{th})^2}{2\sigma_v^2}} dv = F(x_2) - F(x_1); \quad (9.1)$$

$F(x)$ - hàm Laplace ;

với
$$x_1 = \frac{v_{cp}^- - v_{th}}{\sigma_v}; \quad x_2 = \frac{v_{cp}^+ - v_{th}}{\sigma_v}. \quad (9.2)$$

Độ lệch chuẩn của độ lệch điện áp:
$$\sigma_v = \frac{\sigma_u}{U_n} 100\% \quad (9.3)$$

Độ lệch chuẩn của điện áp σ_u
$$\sigma_u = \frac{U_M - U_{min}}{6} \quad (9.4)$$

U_M , U_{min} , U_n - điện áp cực đại, điện áp cực tiểu và điện áp định mức của mạng điện.

Độ lệch trung bình của điện áp:

$$v_{th} = \frac{U_{th} - U_n}{U_n}; \quad (9.5)$$

Giá trị điện áp trung bình có thể xác định:

$$U_{th} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{n}$$

trong đó: U_i – giá trị điện áp của phép đo thứ i ;

n – số phép đo.

$$\text{Hoặc} \quad U_{\text{th}} = \frac{U_M + U_{\text{min}}}{2} \quad (9.6)$$

$$\text{Thời gian chất lượng:} \quad T_{\text{CL}} = p_{\text{Cl}} T \quad (9.7)$$

$$\text{Điện năng chất lượng:} \quad A_{\text{Cl}} = p_{\text{Cl}} \cdot A$$

A - tổng điện năng tiêu thụ trong thời gian xét T .

2. Đánh giá độ đối xứng

Phương pháp phân tích các thành phần đối xứng

Các thành phần đối xứng được xác định theo biểu thức

$$U_1 = \frac{1}{3} (U_A + U_B + U_C) \quad (9.8)$$

$$U_2 = \frac{1}{3} (U_A + a \cdot U_B + a^2 U_C)$$

$$U_0 = \frac{1}{3} (U_A + a^2 U_B + a \cdot U_C)$$

trong đó:

U_A, U_B, U_C - điện áp pha A, pha B và pha C;

a - toán tử quay: $a = e^{j120} = -0,5 + j 0,87$; $a^2 = e^{j240} = -0,5 - j 0,87$.

Hệ số phi đối xứng

$$k_{\text{kdx}} = \frac{U_2}{U_n} 100\% \quad (9.9)$$

1.1.2. Phương pháp giải tích

Các thành phần đối xứng của dòng điện được xác định theo biểu thức:

$$I_1 = \frac{\sqrt{M_{1R}^2 + M_{1X}^2}}{3}; \quad I_2 = \frac{\sqrt{M_{2R}^2 + M_{2X}^2}}{3}; \quad I_0 = \frac{\sqrt{M_{0R}^2 + M_{0X}^2}}{3}; \quad (9.10)$$

với: $M_{1R} = (I_A + I_B + I_C) \cos \varphi$;

$M_{1X} = (I_A + I_B + I_C) \sin \varphi$;

$$\begin{aligned}
M_{2K} &= I_A \cos\varphi - \frac{1}{2} (I_B + I_C) \cos\varphi - \frac{\sqrt{3}}{2} (I_B - I_C) \sin\varphi; \\
M_{2X} &= I_A \sin\varphi - \frac{1}{2} (I_B + I_C) \sin\varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} (I_B - I_C) \cos\varphi; \\
M_{0K} &= I_A \cos\varphi - \frac{1}{2} (I_B + I_C) \cos\varphi - \frac{\sqrt{3}}{2} (I_B - I_C) \sin\varphi; \\
M_{0X} &= I_A \sin\varphi - \frac{1}{2} (I_B + I_C) \sin\varphi - \frac{\sqrt{3}}{2} (I_B - I_C) \cos\varphi.
\end{aligned} \tag{9.11}$$

* Trong trường hợp mạng điện không có dây trung tính, tổng 3 vectơ dòng hoặc điện áp bằng 0.

Giả sử ta có tổng các vectơ $I_A + I_B + I_C = 0$, các thành phần đối xứng được xác định theo biểu thức:

$$I_1 = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 + 4\alpha\sqrt{3}}{6}}, A; \tag{9.12}$$

$$I_2 = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 - 4\alpha\sqrt{3}}{6}}, A; \tag{9.13}$$

$$I_0 = 0$$

trong đó: $\alpha = \sqrt{b(b - I_A)(b - I_B)(b - I_C)}$; (9.14)

$$b = \frac{I_A + I_B + I_C}{2} \tag{9.15}$$

Hệ số phi đối xứng:

$$k_{kdx} = \frac{I_2}{I_1} \cdot 100 \%$$

1.2. Phương pháp nâng cao chất lượng điện năng

1.2.1. Điều chỉnh điện áp tại các trạm biến áp

a. Chọn đầu phân áp cho máy tăng áp

Khi đặt đầu phân áp cố định cần đảm bảo yêu cầu ở chế độ $\max U_{r1}$ và $\min U_{r2}$.

ở chế độ cực đại:
$$U_{pal} = \frac{U_n U_{r1} + U_{vl} \Delta U_l}{U_{vl}} \tag{9.16}$$

ở chế độ cực tiểu:

$$U_{pa2} = \frac{U_n U_{r2} + U_{v2} \Delta U_2}{U_{v2}}$$

Đầu phân áp trung bình là:

$$U_{pa} = \frac{U_{pa1} + U_{pa2}}{2} \quad (9.17)$$

Căn cứ vào U_{pa} chọn đầu phân áp chuẩn gần nhất và xác định tại các giá trị U_{v1} và U_{v2} để kiểm tra xem chúng có nằm trong giới hạn cho phép không.

b. Chọn đầu phân áp cho máy giảm áp

Khi đặt đầu phân áp cố định ta quan tâm đến việc đảm bảo yêu cầu điện áp U'_r ở chế độ phụ tải cực đại và U''_r ở chế độ phụ tải cực tiểu.

$$U_{pa1} = (U'_v - \Delta U'_{Ba}) \cdot \frac{U_{kt}}{U'_r} \quad (9.18)$$

$$U_{pa2} = (U''_v - \Delta U''_{Ba}) \cdot \frac{U_{kt}}{U''_r}$$

Giá trị trung bình:

$$U_{pa} = \frac{U_{pa1} + U_{pa2}}{2}; \quad (9.19)$$

U_{kt} - điện áp không tải của cuộn thứ cấp, giá trị của U_{kt} có thể lấy

$$U_{kt} = 1,1U_n \quad \text{nếu } U_k\% > 7,5\%$$

$$U_{kt} = 1,05U_n \quad \text{nếu } U_k\% < 7,5\%$$

U_n - điện áp định mức của phía thứ cấp

$U_k\%$ - điện áp ngắn mạch, cho trong catalog của máy.

Căn cứ vào U_{pa} chọn đầu phân áp chuẩn gần nhất.

c. Máy biến áp 3 cuộn dây.

Đầu phân áp ở cuộn cao áp:

$$U_{pa(c)} = \frac{U_c - (\Delta U_c + \Delta U_H)}{U_H} \cdot U_{kt} \quad (9.20)$$

Đầu phân áp ở cuộn trung áp

$$U_{pa(T)} = \frac{U_{pa(c)} \cdot U_T}{U_c - (\Delta U_c + \Delta U_T)}$$

d. Chọn đầu phân áp ở trạm biến áp tiêu thụ:

$$v_{cp}^+ \geq v''_A + E ; \quad (9.21)$$



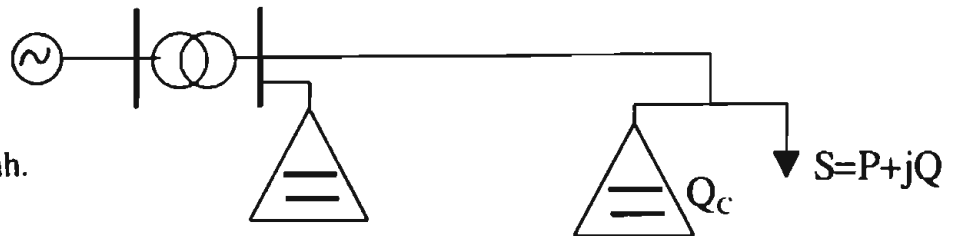
Và $v_{cp}^- \leq v'_B + E$

Từ đó:

Hình 9.1. Sơ đồ tính toán nấc máy biến áp tiêu thụ

$$v_{cp}^- - v'_B \leq E \leq v_{cp}^+ - v''_A ; \quad (9.22)$$

1.2.2. Sử dụng tụ bù tĩnh



Hình 9.2. Sơ đồ mắc tụ bù tĩnh.

Công suất tính toán của tụ bù tĩnh có thể xác định theo biểu thức:

$$Q_b = \frac{V_{tt} \cdot 10^2}{\sum_{i=1}^N v_h \%}, \text{ kVAr} \quad (9.23)$$

trong đó:

v_{tt} - độ lệch tính toán $v_{tt} = v_{cp}^- - v_{th}$; (9.24)

v_{th} - độ lệch điện áp trung bình thực tế ở đầu vào của hộ dùng điện;

$v_{hi} \%$ - độ lệch gia tăng điện áp khi đặt tụ của phần tử thứ i ;

N - số phần tử của mạng điện.

1.2.3. Sử dụng tụ bù dọc

Công suất tính toán của tụ bù dọc được xác định theo biểu thức

$$Q_{bd} = K \cdot S \quad (9.25)$$

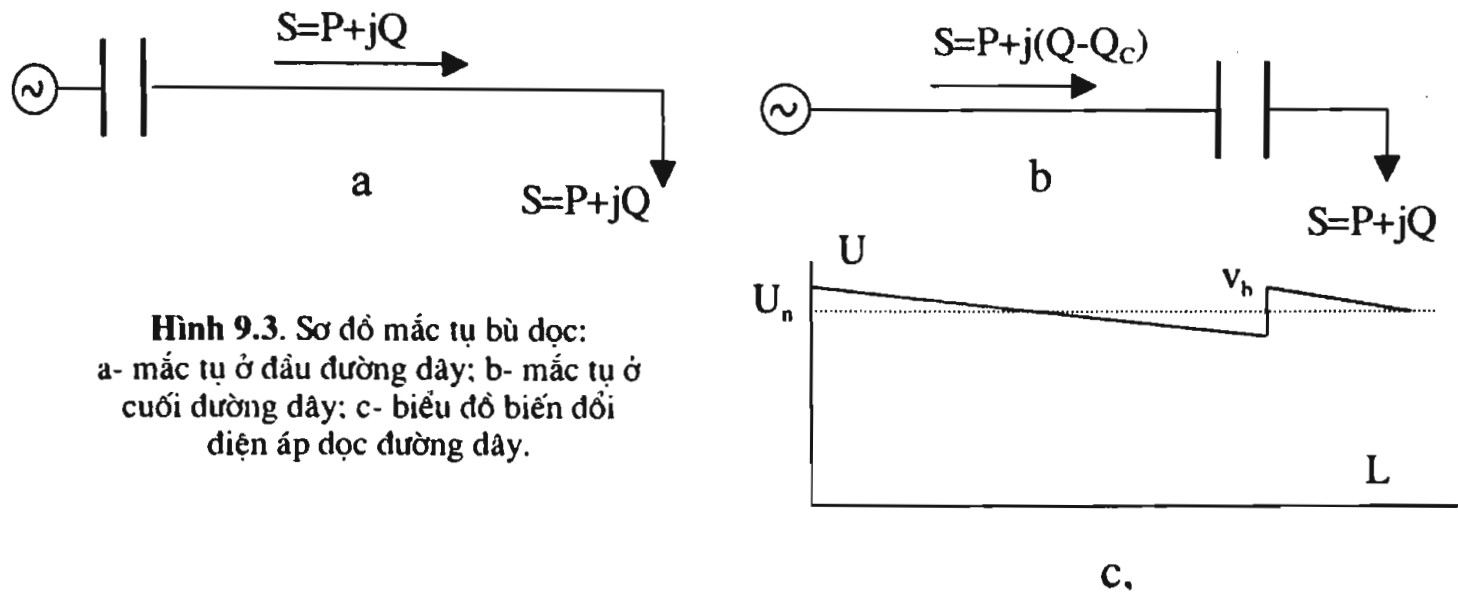
K - hệ số xác định theo biểu thức

$$K = \sin\varphi - \sqrt{\left(\frac{U_v}{U_r}\right)^2 - \cos^2\varphi}, \quad (9.26)$$

trong đó: U_v, U_r - điện áp trước và sau tụ bù dọc;

$\cos\varphi$ - hệ số công suất của mạng.

Chọn tụ có công suất định mức Q_{cn} gần với công suất tính toán.



Hình 9.3. Sơ đồ mắc tụ bù dọc:
a- mắc tụ ở đầu đường dây; b- mắc tụ ở cuối đường dây; c- biểu đồ biến đổi điện áp dọc đường dây.

Điện trở tính toán của tụ.

$$X_{11} = \frac{Q_{hd}}{3I^2} \quad (9.27)$$

I - dòng điện chạy trên đường dây

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} \quad (9.28)$$

Căn cứ vào X_{11} để chọn các bộ tụ sao cho $X_c \leq X_d$

Công suất phát thực tế của tụ bù dọc:

$$Q_{cd} = 3I^2 X_c \quad (9.29)$$

Độ gia tăng điện áp khi đặt tụ bù dọc

$$v_c = \lambda (\sin\varphi - 0,5 \lambda \cos^2\varphi) ; \quad (9.30)$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{3}U_{cn}I}{U_v I_{cn}} ; \quad (9.31)$$

U_{cn}, I_{cn} - điện áp dòng điện định mức của tụ.

Điện áp ra $U_r = U_v(1 + v_c) \quad (9.32)$

Bội số quá điện áp khi ngắn mạch 3 pha:

$$\beta_{11} = \frac{I_K^{(3)} \cdot X_K}{U_{CB}} \leq \beta_{cp} \quad (9.33)$$

trong đó: $I_K^{(3)}$ - dòng ngắn mạch 3 pha trên đường dây;

X_K - điện trở ngắn mạch của đường dây;

2. BÀI GIẢI MẪU

Bài 9.1. Cho số liệu thống kê về điện áp của mạng hạ áp 380 V đo trong 24 giờ như sau:

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
U	396	400	402	401	400	392	390	380	380	378	378	379
t	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
U	380	378	377	376	378	377	372	370	372	379	385	390

Hãy đánh giá chất lượng điện của lưới, biết độ lệch cho phép trên đầu vào của các thụ điện là $v_{cp} = \pm 5\%$

Giải: Trước hết ta xác định các tham số thống kê:

Điện áp trung bình hay còn gọi là kỳ vọng toán của điện áp:

$$U_{th} = \frac{\sum U_i}{n} = \frac{9210}{24} = 383,75 \text{ V}$$

Độ lệch điện áp trung bình

$$v_{tb} = \frac{U_{tb} - U_n}{U_n} \cdot 100 = \frac{383,75 - 380}{380} \cdot 100 = 0,987\%$$

Độ lệch chuẩn của điện áp

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{\sum (U_i - U_{th})^2}{n}} = \sqrt{\frac{2295,88}{24}} = 9,78 \text{ V}$$

Độ lệch chuẩn của độ lệch điện áp

$$\sigma_v = \frac{\sigma_u}{U_n} \cdot 100 = \frac{9,78}{380} \cdot 100 = 2,57\%$$

Xác định giá trị của đối số hàm Laplace

$$x_1 = \frac{v_{cp} - v_{tb}}{\sigma_v} = \frac{-5 - 0,987}{2,57} = -2,33$$

$$x_2 = \frac{v_{cp}^+ - v_{tb}}{\sigma_v} = \frac{5 - 0,987}{2,57} = 1,56$$

Tra bảng 50.pl. [1] ta tìm được các giá trị của hàm Laplace: $F(x_1) = -0,4895$ và $F(x_2) = 0,440$

Xác suất chất lượng điện

$$P_{cl} = F(X_2) - F(X_1) = 0,440 + 0,4895 = 0,9295$$

Thời gian đảm bảo chất lượng điện trong ngày

$$T_{cl} = p_{cl} \cdot 24 = 0,9295 \cdot 24 = 22,308 \text{ h}$$

Bài 9.2. Cùng với số liệu thống kê trên nhưng ta áp dụng phương pháp gần đúng:

Xác định giá trị cực đại và cực tiểu của điện áp: $U_M = 402 \text{ V}$ và $U_{min} = 370 \text{ V}$;

Điện áp trung bình:
$$U_{tb} = \frac{U_M + U_{min}}{2} = \frac{402 + 370}{2} = 386 \text{ V};$$

Độ lệch điện áp trung bình

$$v_{tb} = \frac{U_{tb} - U_n}{U_n} \cdot 100 = \frac{386 - 380}{380} \cdot 100 = 1,59\%;$$

Độ lệch trung bình bình phương của điện áp

$$\sigma_u = \frac{U_M - U_{min}}{6} = \frac{402 - 370}{6} = 5,33 \text{ V}$$

Độ lệch trung bình bình phương của độ lệch điện áp

$$\sigma_v = \frac{\sigma_u}{U_n} \cdot 100 = \frac{5,33}{380} \cdot 100 = 1,4\%;$$

Xác định giá trị của đối số hàm Laplace

$$x_1 = \frac{v_{cp}^- - v_{tb}}{\sigma_v} = \frac{-5 - 1,59}{1,4} = -2,78$$

$$x_2 = \frac{v_{cp}^+ - v_{tb}}{\sigma_v} = \frac{5 - 1,59}{1,4} = 2,44$$

Tra bảng 50.pl. [1] ta tìm được các giá trị của hàm Laplace: $F(-2,78) = -0,4974$ và $F(2,44) = 0,4922$.

Xác suất chất lượng điện

$$P_{cl} = F(X_2) - F(X_1) = 0,4922 + 0,4974 = 0,9896$$

Thời gian đảm bảo chất lượng điện trong ngày

$$T_{cl} = p_{cl} \cdot 24 = 0,9896 \cdot 24 = 23,75 \text{ h.}$$

Nhận xét: Phương pháp tính gần đúng không cần đầy đủ số liệu đo đếm mà chỉ có các giá trị điện áp cực đại và cực tiểu trong khoảng thời gian quan sát, vì vậy cho phép đơn giản hoá bài toán và rất dễ áp dụng trong thực tế. Tuy nhiên phương pháp này thường gặp sai số mà đôi khi vượt quá giá trị cho phép. Thông thường chỉ nên áp dụng khi không có đầy đủ số liệu.

Bài 9.3: Cho số liệu thống kê về điện áp pha (V) tại một điểm nút của mạng điện hạ áp đo trong một ngày đêm như sau:

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
U	220	221	221	220	219	218	218	217	218	217	217	218
t	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
U	216	215	210	207	204	203	197	198	200	202	219	220

Hãy đánh giá chất lượng điện của lưới trong hai trường hợp:

- khi phụ tải chủ yếu là sinh hoạt;
- khi phụ tải chỉ đơn thuần là chiếu sáng.

Giải:

a) Theo yêu cầu về chất lượng đối với phụ tải điện sinh hoạt, độ lệch điện áp cho phép nằm trong giới hạn $v_{cp} = \pm 7,7\%$

Xác định các tham số thống kê:

Điện áp trung bình của điện áp

$$U_{tb} = \frac{\sum U_i}{n} = \frac{5115}{24} = 213,125 \text{ V}$$

Độ lệch điện áp trung bình

$$v_{tb} = \frac{U_{tb} - U_n}{U_n} \cdot 100 = \frac{213,125 - 220}{220} \cdot 100 = -3,125\%$$

Độ lệch chuẩn của điện áp

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{\sum (U_i - U_{tb})^2}{n}} = \sqrt{\frac{2241,755}{24}} = 9,66 \text{ V}$$

Độ lệch chuẩn của độ lệch điện áp

$$\sigma_v = \frac{\sigma_u}{U_n} \cdot 100 = \frac{9,66}{220} \cdot 100 = 4,393\%$$

Xác định giá trị của đối số hàm Laplace

$$x_1 = \frac{v_{cp}^- - v_{tb}}{\sigma_v} = \frac{-7,5 + 3,125}{4,393} = -0,995$$

$$x_2 = \frac{v_{cp}^+ - v_{tb}}{\sigma_v} = \frac{7,5 + 3,125}{4,393} = 2,42$$

Tra bảng 50.pl. [1] ta tìm được các giá trị của hàm Laplace: $F(x_1) = -0,3112$ và $F(x_2) = 0,492$

Xác suất chất lượng điện là:

$$P_{cl} = F(x_2) - F(x_1) = 0,492 + 0,3112 = 0,8032$$

Thời gian đảm bảo chất lượng điện trong ngày là:

$$T_{cl} = p_{cl} \cdot 24 = 0,8032 \cdot 24 = 19,28 \text{ h}$$

b, Khi chỉ có đơn thuần phụ tải chiếu sáng thì độ lệch điện áp cho phép nằm trong giới hạn ($v_{cp}^- = -2,5 \div v_{cp}^+ = +5\%$).

Tính toán tương tự như trên ta xác định được:

$x_1 = 0,142$ và $x_2 = 1,85$, từ đó tìm được các giá trị hàm Laplace $F(x_1) = 0,0595$ và $F(x_2) = 0,4685$.

Xác suất chất lượng điện là:

$$P_{cl} = F(x_2) - F(x_1) = 0,4685 - 0,0595 = 0,4084$$

Thời gian đảm bảo chất lượng điện trong ngày là:

$$T_{cl} = p_{cl} \cdot 24 = 0,4084 \cdot 24 = 9,8 \text{ h}$$

Nhận xét: Từ các kết quả tính toán trên ta nhận thấy với cùng một giá trị điện áp, đối với phụ tải khác nhau xác suất chất lượng sẽ khác nhau.

Bài 9.4. Một đường dây hạ áp 380 V dài 0,54 km làm bằng dây A-95 cung cấp cho điểm tải sinh hoạt có công suất 63 kVA, $\cos\varphi = 0,8$. Hãy đánh giá chất lượng điện, biết ở chế độ phụ tải cực đại mức điện áp tại đầu thanh cái của trạm biến áp tiêu thụ là 375 V và ở chế độ phụ tải cực tiểu giá trị này là 386 V; coi phụ tải cực đại bằng 4 lần phụ tải cực tiểu.

Giải: Theo bảng 17.pl [1] ứng với mã hiệu dây dẫn A-95 ta tìm được $r_0 = 0,34$ và $x_0 = 0,30 \Omega / \text{km}$.

Dòng công suất tác dụng và phản kháng trên đường dây

$$P = S \cdot \cos\varphi = 63 \cdot 0,8 = 50,4 \text{ kW} \text{ và } Q = S \cdot \sin\varphi = 63 \cdot \sqrt{1 - 0,8^2} = 37,8 \text{ kVAr}$$

Xác định hao tổn điện áp ở chế độ phụ tải cực đại theo biểu thức

$$\Delta U' = \frac{P \cdot r_0 + Q \cdot x_0}{U_n} = \frac{50,4 \cdot 0,33 + 37,8 \cdot 0,3}{380} = 0,54 = 40,47 \text{ V}$$

Hao tổn điện áp ở chế độ phụ tải cực tiểu bằng một phần tư giá trị hao tổn điện áp ở chế độ phụ tải cực đại

$$\Delta U'' = \frac{\Delta U'}{4} = \frac{40,47}{4} = 10,116 \text{ V}$$

Giá trị điện áp cực đại

$$U_M = U_{Md} - \Delta U'' = 386 - 10,116 = 375,884 \text{ V}$$

Giá trị điện áp cực tiểu

$$U_{\min} = U_{mind} - \Delta U' = 375 - 40,47 = 334,53 \text{ V}$$

Điện áp trung bình

$$U_{\text{th}} = \frac{U_M + U_{\min}}{2} = \frac{375,884 + 334,53}{2} = 355,2 \text{ V}$$

Độ lệch điện áp trung bình

$$v_{\text{th}} = \frac{U_{\text{th}} - U_n}{U_n} 100 = \frac{355,2 - 380}{380} 100 = -7,98\%$$

Độ lệch trung bình bình phương của điện áp

$$\sigma_u = \frac{U_M - U_{\min}}{6} = \frac{375,884 - 334,53}{6} = 6,89 \text{ V}$$

Độ lệch trung bình bình phương của độ lệch điện áp

$$\sigma_v = \frac{\sigma_u}{U_n} 100 = \frac{6,89}{380} \cdot 100 = 1,79\%$$

Xác định giá trị của đối số hàm Laplace: Đối với phụ tải sinh hoạt độ lệch điện áp cho phép $v_{cp} = \pm 7,5\%$

$$X_1 = \frac{V_{cp}^- - V_{tb}}{\sigma_v} = \frac{-7,5 + 7,98}{1,79} = 0,267$$

$$X_2 = \frac{V_{cp}^+ - V_{tb}}{\sigma_v} = \frac{7,5 + 7,98}{1,79} = 8,669$$

Tra bảng 50.pl. [1] ta tìm được các giá trị của hàm Laplace: $F(0,267) = -0,0972$ và $F(8,669) = 0,4999$

Xác suất chất lượng điện là:

$$P_{cl} = F(X_2) - F(X_1) = 0,4999 + 0,0972 = 0,4027$$

Có thể nói chất lượng điện không được tốt lắm

Bài 9.5. Một đường dây hạ áp 380 V dài 0,62 km làm bằng dây A-120 ($r_0 = 0,27$ và $x_0 = 0,3 \Omega/\text{km}$) cung cấp cho 2 điểm tải: sinh hoạt có công suất 35 kVA, $\cos\varphi = 0,86$ và phụ tải chiếu sáng công suất 24 kVA, hệ số $\cos\varphi = 0,93$. Hãy đánh giá chất lượng điện, biết ở chế độ phụ tải cực đại mức điện áp tại đầu thanh cái của trạm biến áp tiêu thụ là 372 V và ở chế độ phụ tải cực tiểu giá trị này là 384 V; coi phụ tải cực đại bằng 4 lần phụ tải cực tiểu.

Giải: Do trong mạng điện có 2 loại phụ tải nên chất lượng điện được đánh giá dựa trên giá trị trung bình của độ lệch điện áp cho phép:

$$V_{cp.tb}^+ = \frac{\sum S_i \cdot v_{cpi}^+}{\sum S_i} = \frac{35 \cdot 7,5 + 24 \cdot 5}{35 + 24} = 6,48 \%$$

$$V_{cp.tb}^- = \frac{\sum S_i \cdot v_{cpi}^-}{\sum S_i} = \frac{35 \cdot (-7,5) + 24 \cdot (-2,5)}{35 + 24} = -5,47 \%$$

Biểu thị công suất dưới dạng số phức:

$$S_{sh} = 35 \cdot 0,86 + j 35 \cdot \sqrt{1 - 0,86^2} = 30,1 + j 17,86 \text{ kVA}$$

$$S_{cs} = 24 \cdot 0,93 + j 24 \cdot \sqrt{1 - 0,93^2} = 22,32 + j 8,82 \text{ kVA}$$

Dòng công suất tổng hợp trên đoạn dây:

$$P = P_{sh} + P_{cs} = 30,1 + 22,32 = 52,42 \text{ kW}$$

$$Q = Q_{sh} + Q_{cs} = 17,86 + 8,82 = 26,68 \text{ kVAr}$$

Xác định hao tổn điện áp ở chế độ phụ tải cực đại theo biểu thức

$$\Delta U' = \frac{P \cdot r_0 + Q \cdot x_0}{U_n} I = \frac{52,42 \cdot 0,27 + 26,68 \cdot 0,3}{380} \cdot 0,62 = 36,35 \text{ V}$$

Hao tổn điện áp ở chế độ phụ tải cực tiểu bằng một phần tư giá trị hao tổn điện áp ở chế độ phụ tải cực đại:

$$\Delta U'' = \frac{\Delta U'}{4} = \frac{36,35}{4} = 9,04 \text{ V}$$

Giá trị điện áp cực đại:

$$U_M = U_{Md} - \Delta U'' = 384 - 9,04 = 374,96 \text{ V}$$

Giá trị điện áp cực tiểu:

$$U_{min} = U_{mind} - \Delta U' = 372 - 36,35 = 335,85 \text{ V}$$

Điện áp trung bình:

$$U_{th} = \frac{U_M + U_{min}}{2} = \frac{374,96 + 335,85}{2} = 355,4 \text{ V}$$

Độ lệch điện áp trung bình:

$$v_{th} = \frac{U_{th} - U_n}{U_n} 100 = \frac{355,4 - 380}{380} 100 = -7,45\%$$

Độ lệch trung bình bình phương của điện áp:

$$\sigma_u = \frac{U_M - U_{min}}{6} = \frac{374,96 - 335,85}{6} = 6,52 \text{ V}$$

Độ lệch trung bình bình phương của độ lệch điện áp:

$$\sigma_v = \frac{\sigma_u}{U_n} 100 = \frac{6,89}{380} \cdot 100 = 1,7\%$$

Xác định giá trị của đối số hàm Laplace

$$x_1 = \frac{v_{cp.th}^- - v_{th}}{\sigma_v} = \frac{-5,47 + 7,45}{1,7} = 1,17$$

$$x_2 = \frac{v_{cp.th}^+ - v_{th}}{\sigma_v} = \frac{6,48 + 7,45}{1,7} = 8,2$$

Tra bảng 50.pl. [1] ta tìm được các giá trị của hàm Laplace: $F(1,17) = 0,3714$ và $F(8,669) = 0,4999$

Xác suất chất lượng điện là:

$$P_{cl} = F(X_2) - F(X_1) = 0,4999 - 0,3714 = 0,1285$$

Kết luận: chất lượng điện rất kém

Bài 9.6. Số liệu đo đếm của dòng điện các pha của một mạng điện hạ áp 3 pha có dây trung tính là: $I_A = 216$; $I_B = 205$ và $I_C = 187$ A. hệ số công suất trung bình là $\cos\varphi = 0,88$. Hãy đánh giá mức độ đối xứng của mạng điện theo phương pháp phân tích các thành phần đối xứng.

Giải: Trước hết ta xác định các thành phần đối xứng của dòng điện theo biểu thức (9.8)

$$I_1 = \frac{1}{3} (I_A + I_B + I_C) = \frac{1}{3} (216 + 205 + 187) = 202,67$$

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{1}{3} (I_A + a.I_B + a^2.I_C) = \frac{1}{3} [216 + 205(-0,5 + j.0,87) + 187.(-0,5 - j.0,87)] \\ &= 6,67 + j.5,22 = 8,47 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_0 &= \frac{1}{3} (I_A + a^2.I_B + a.I_C) = \frac{1}{3} [216 + 205(-0,5 - j.0,87) + 187.(-0,5 + j.0,87)] \\ &= 0,87 - j.5,22 = 5,29. \end{aligned}$$

Xác định các hệ số

$$k_{kdx} = \frac{I_2}{I_1} \cdot 100 = \frac{8,47}{202,67} \cdot 100 = 4,17\%$$

$$k_{kcb} = \frac{I_0}{I_1} \cdot 100 = \frac{5,29}{202,67} \cdot 100 = 2,61\%$$

Bài 9.7. Số liệu đo đếm của dòng điện các pha của một mạng điện hạ áp 3 pha có dây trung tính là: $I_A = 216$; $I_B = 205$ và $I_C = 187$ A. hệ số công suất trung bình là $\cos\varphi = 0,88$. Hãy đánh giá mức độ đối xứng của mạng điện theo phương pháp giải tích.

Giải: Trước hết ta xác định các đại lượng M_i theo biểu thức (9.11)

$$M_{1R} = (I_A + I_B + I_C) \cdot \cos\varphi = (216 + 205 + 187) \cdot 0,88 = 535,04.$$

$$M_{1X} = (I_A + I_B + I_C) \cdot \sin\varphi = (216 + 205 + 187) \cdot 0,475 = 288,784.$$

$$\begin{aligned} M_{2R} &= I_A \cos\varphi - 0,5 \cdot (I_B + I_C) \cos\varphi - \frac{\sqrt{3}}{2} (I_B - I_C) \sin\varphi = \\ &= 216 \cdot 0,88 - 0,5 \cdot (205 + 187) \cdot 0,88 - \frac{\sqrt{3}}{2} (205 - 187) \cdot 0,475 = 10,2 \end{aligned}$$

$$M_{2X} = I_A \sin\varphi - 0,5 \cdot (I_B + I_C) \sin\varphi + \frac{\sqrt{3}}{2} (I_B - I_C) \cos\varphi =$$

$$= 216.0,475 - 0,5(205+187).0,475 + \frac{\sqrt{3}}{2} (205-187).0,88 = 2,32$$

$$M_{0R} = I_A \cos\varphi - 0,5.(I_B + I_C)\cos\varphi - \frac{\sqrt{3}}{2} (I_B - I_C)\sin\varphi =$$

$$= 216.0,88 - 0,5.(205+187).0,88 - \frac{\sqrt{3}}{2} (205-187).0,475 = 10,2$$

$$M_{0X} = I_A \sin\varphi - 0,5.(I_B + I_C)\sin\varphi - \frac{\sqrt{3}}{2} (I_B - I_C)\cos\varphi =$$

$$= 216.0,475 - 0,5.(205+187).0,475 - \frac{\sqrt{3}}{2} (205-187).0,88 = -4,22.$$

Giá trị các thành phần đối xứng của dòng điện:

Thành phần thứ tự thuận

$$I_1 = \frac{\sqrt{M_{1R}^2 + M_{1X}^2}}{3} = \frac{\sqrt{535,04^2 + 288,784^2}}{3} = 202,67 \text{ A}$$

Thành phần thứ tự nghịch

$$I_2 = \frac{\sqrt{M_{2R}^2 + M_{2X}^2}}{3} = \frac{\sqrt{10,2^2 + 2,32^2}}{3} = 8,45 \text{ A}$$

Thành phần thứ tự không

$$I_0 = \frac{\sqrt{M_{0R}^2 + M_{0X}^2}}{3} = \frac{\sqrt{10,2^2 + (-4,22)^2}}{3} = 3,68 \text{ A}$$

Xác định các hệ số

$$k_{kdx} = \frac{I_2}{I_1} \cdot 100 = \frac{8,45}{202,67} \cdot 100 = 4,17\%$$

$$k_{kcb} = \frac{I_0}{I_1} \cdot 100 = \frac{3,68}{202,67} \cdot 100 = 1,81\%$$

Các kết quả tính toán được thể hiện trong bảng sau:

Giá trị các thành phần đối xứng của dòng điện, A			Hệ số phi đối xứng, %	
I_1	I_2	I_0	k_{kdx}	k_{kcb}
202,67	8,45	3,68	4,17	1,81

Nhận xét: Phân tích kết quả tính toán của bài 6 và bài 7 ta nhận thấy cả 2 phương pháp đều cho kết quả gần giống nhau; ở phương pháp phân tích các thành phần đối xứng cần phải thực hiện các phép toán dạng phức, nên đôi khi làm cho người giải lúng túng nếu không có kỹ năng giải các bài toán phức, còn ở phương pháp thứ 2 thì các phép tính có vẻ công kênh hơn, khối lượng tính toán nhiều gấp 3 lần so với phương pháp thứ nhất.

Bài 9.8. Cũng dữ kiện như bài 6, nhưng là mạng điện 3 pha không dây trung tính

Giải: Đối với mạng điện 3 pha không dây trung tính thì khi mất đối xứng chỉ có thành phần thứ tự thuận và thứ tự nghịch, còn thành phần thứ tự không của dòng điện sẽ bằng 0. Trước tiên ta xác định các tham số

$$b = \frac{I_A + I_B + I_C}{2} = \frac{216 + 205 + 187}{2} = 304$$

$$\alpha = \sqrt{b(b - I_A)(b - I_B)(b - I_C)} = \sqrt{304 \cdot (304 - 216)(304 - 205)(304 - 187)} = 17603,1$$

Xác định các thành phần dòng điện:

$$I_1 = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 + 4\alpha\sqrt{3}}{6}} = \sqrt{\frac{216^2 + 205^2 + 187^2 + 4 \cdot 17603,1\sqrt{3}}{6}} = 202,32 \text{ A}$$

$$I_2 = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 - 4\alpha\sqrt{3}}{6}} = \sqrt{\frac{216^2 + 205^2 + 187^2 - 4 \cdot 17603,1\sqrt{3}}{6}} = 16,79 \text{ A}$$

Hệ số phi đối xứng:

$$k_{kdx} = \frac{I_2}{I_1} \cdot 100 = \frac{16,79}{202,67} \cdot 100 = 8,3\%$$

Bài 9.9. Mức điện áp trên đầu vào máy biến áp tăng áp 6,6/35 kV với máy TM-3200/35 ở chế độ phụ tải cực đại là $U'_V = 6,3 \text{ kV}$ và ở chế độ cực tiểu là $U''_V = 6,55 \text{ kV}$; và điện áp ở đầu ra tương ứng là $U'_R = 32$; $U''_R = 34,5 \text{ kV}$. Phụ tải của máy biến áp là $S = 2680 \text{ kVA}$; hệ số công suất $\cos\varphi = 0,82$. Phụ tải cực tiểu lấy bằng 25% giá trị phụ tải cực đại. Hãy chọn nấc máy biến áp sao cho đảm bảo yêu cầu chất lượng.

Giải: Căn cứ vào mã hiệu máy biến áp ta tìm được các tham số: công suất định mức $S_{ba} = 3200 \text{ kVA}$; hao tổn công suất ngắn mạch $\Delta P_k = 37 \text{ kW}$ và điện áp ngắn mạch $U_k = 7,0\%$. Trước hết ta cần xác định điện trở của máy biến áp quy về phía sơ cấp:

$$Z_{BA} = \frac{U_k \cdot U^2}{100 \cdot S_{BA}} = \frac{7,6,6^2}{100 \cdot 3,2} = 0,95 \Omega$$

$$R_{BA} = \frac{\Delta P_k U^2}{S_{BA}^2} = \frac{37,6,6^2}{3,2^2} 10^{-3} = 0,16 \Omega$$

$$X_{BA} = \sqrt{0,95^2 - 0,16^2} = 0,94 \Omega;$$

Hao tổn điện áp trong máy biến áp:

- ở chế độ phụ tải cực đại:

$$\Delta U' = \frac{S \cdot \cos \varphi \cdot R_{ba} + S \cdot \sin \varphi \cdot X_{ba}}{U} = \frac{2680 \cdot 0,82 \cdot 0,16 + 2680 \cdot 0,57 \cdot 0,94}{6,6} \cdot 10^{-3} = 0,27 \text{ kV};$$

- ở chế độ phụ tải cực tiểu:

$$\Delta U'' = \frac{\Delta U'}{4} = \frac{0,27}{4} = 0,068 \text{ kV}.$$

Xác định giá trị đầu phân áp

ở chế độ cực đại:

$$U_{pa1} = \frac{U_n U_{r1} + U_{v1} \Delta U_1}{U_{v1}} = \frac{6,6 \cdot 32 + 6,3 \cdot 0,27}{6,3} = 33,79 \text{ kV};$$

ở chế độ cực tiểu:

$$U_{pa2} = \frac{U_n U_{r2} + U_{v2} \Delta U_2}{U_{v2}} = \frac{6,6 \cdot 34,5 + 6,55 \cdot 0,068}{6,55} = 34,83 \text{ kV}.$$

Giá trị trung bình:

$$U_{pa} = \frac{U_{pa1} + U_{pa2}}{2} = \frac{33,79 + 34,83}{2} = 34,31 \text{ kV}$$

Giá trị đầu phân áp cần thiết:

$$U_{pa} \% = \frac{U_{pa} - U_n}{U_n} 100 = \frac{34,31 - 35}{35} 100 = -1,96 \%$$

Ta chọn nấc gần nhất là - 2, 5%.

Bài 9.10. Mức điện áp trên đầu vào máy biến áp TM-1800/35 ở chế độ phụ tải cực đại là $U'_v = 34 \text{ kV}$ và ở chế độ cực tiểu là $U''_v = 35,6 \text{ kV}$; và điện áp ở dây ra tương ứng là $U'_R = 9,7$; $U''_R = 10,4 \text{ kV}$. Phụ tải qua máy biến áp là $S = 1680 \text{ kVA}$; hệ số công suất $\cos \varphi = 0,8$. Phụ tải cực tiểu lấy bằng 25% giá trị phụ tải cực đại. Hãy chọn nấc máy biến áp sao cho đảm bảo yêu cầu chất lượng.

Giải: Căn cứ vào mã hiệu máy biến áp ta tìm được các tham số: công suất định mức $S_{BA} = 1800$ kVA; hao tổn công suất ngắn mạch $\Delta P_k = 24$ kW và điện áp ngắn mạch $U_k = 6,5\%$. Trước hết ta cần xác định điện trở của máy biến áp quy về phía sơ cấp:

$$Z_{BA} = \frac{U_k \cdot U^2}{100 \cdot S_{BA}} = \frac{6,5 \cdot 35^2}{100 \cdot 1,8} = 44,24 \Omega$$

$$R_{BA} = \frac{\Delta P_k U^2}{S_{BA}^2} = \frac{24 \cdot 35^2}{1,8^2} \cdot 10^{-3} = 9,07 \Omega$$

$$X_{BA} = \sqrt{44,24^2 - 9,07^2} = 43,3 \Omega$$

Hao tổn điện áp trong máy biến áp:

ở chế độ phụ tải cực đại:

$$\Delta U' = \frac{S \cdot \cos \varphi \cdot R_{ba} + S \cdot \sin \varphi \cdot X_{ba}}{U} = \frac{1680 \cdot 0,8 \cdot 9,07 + 1680 \cdot 0,6 \cdot 43,3}{35} \cdot 10^{-3} = 1,6 \text{ kV};$$

ở chế độ phụ tải cực tiểu:

$$\Delta U'' = \frac{\Delta U'}{4} = \frac{1,6}{4} = 0,4 \text{ kV}.$$

Điện áp không tải:

$$U_{kt} = 1,05 \cdot U_2 = 1,05 \cdot 10,5 = 11,025 \text{ kV}$$

Xác định giá trị đầu phân áp

$$U_{pa1} = (U'_v - \Delta U') \cdot \frac{U_{kt}}{U_r} = (34 - 1,6) \cdot \frac{11,025}{9,7} = 36,83 \text{ kV};$$

$$U_{pa2} = (U''_v - \Delta U'') \cdot \frac{U_{kt}}{U_r} = (35,6 - 0,4) \cdot \frac{11,025}{10,4} = 37,32 \text{ kV}.$$

Giá trị trung bình:

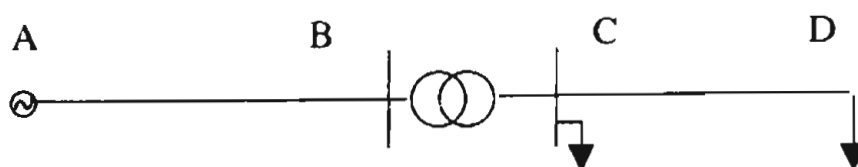
$$U_{pa} = \frac{U_{pa1} + U_{pa2}}{2} = \frac{36,83 + 37,32}{2} = 37,07 \text{ kV}.$$

Giá trị đầu phân áp cần thiết:

$$U_{pa} \% = \frac{U_{pa} - U_n}{U_n} 100 = \frac{37,07 - 35}{35} 100 = 5,92 \%$$

Ta chọn nấc gần nhất là + 5%

Bài 9.11. Chọn nấc máy biến áp tiêu thụ 10/0,4 kV hình 9.4. Biết độ lệch điện áp cố định tại thanh cái A ở chế độ phụ tải cực đại là $v'_A = 2\%$; ở chế độ phụ tải cực tiểu là $v''_A = 3,5\%$. Hao tổn điện áp ở chế độ tải cực đại trên các đoạn dây là: $\Delta U_{AB} = 1,4\%$, $\Delta U_{BC} = 3,02\%$; $\Delta U_{CD} = 8,3\%$. Độ lệch điện áp cho phép là: $v_{cp} = \pm 7,5\%$.



Hình 9.4. Sơ đồ mạng điện bài 9.11.

Giải: Ta xác định độ lệch điện áp ở chế độ phụ tải cực đại đối với điểm xa nhất: D

$$v'_D = v'_A - \Delta U'_{AB} - \Delta U'_{BC} - \Delta U'_{CD} = 2 - (1,4 + 3,02 + 8,3) = -10,72\%$$

Giả thiết là ở chế độ phụ tải cực tiểu công suất tiêu thụ bằng 25% phụ tải cực đại. Ta xác định độ lệch điện áp ở chế độ cực tiểu tại điểm gần C :

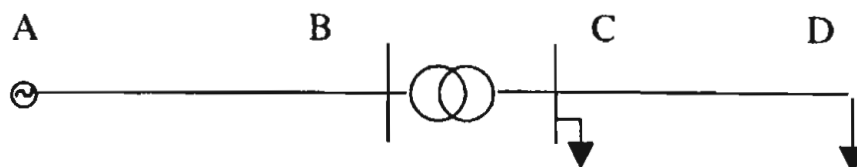
$$v''_C = v''_A - 0,25(\Delta U'_{AB} + \Delta U'_{BC}) = 3,5 - 0,25(1,4 + 3,02) = 2,395\%$$

Điều kiện để chọn nấc là:

$$E_1 \leq v_{cp}^+ - v''_C = 7,5 - 2,395 = 5,105\% \quad \text{và} \quad E_2 \geq v_{cp}^- - v'_D = -7,5 + 10,72 = 3,22\%$$

Vậy ta chọn $E = 5\%$ đảm bảo các điều kiện $E_1 = 5,105 > E > E_2 = 3,22$

Bài 9.12. Chọn nấc máy biến áp tiêu thụ 10/0,4 kV hình 9.5. Biết độ lệch điện áp cố định tại thanh cái A ở chế độ phụ tải cực đại là $v'_A = 1\%$; ở chế độ phụ tải cực tiểu là $v''_A = 2,5\%$. Hao tổn điện áp ở chế độ tải cực đại trên các đoạn dây là: $\Delta U_{AB} = 1,2\%$, $\Delta U_{BC} = 3\%$; $\Delta U_{CD} = 6,4\%$. Độ lệch điện áp cho phép là: $v_{cp} = \pm 5\%$



Hình 9.5. Sơ đồ mạng điện bài 9.12.

Giải: Ta xác định độ lệch điện áp ở chế độ phụ tải cực đại đối với điểm xa nhất: D

$$v'_D = v'_A - \Delta U'_{AB} - \Delta U'_{BC} - \Delta U'_{CD} = 1 - (1,2 + 3 + 6,4) = -9,6$$

Giả thiết là ở chế độ phụ tải cực tiểu công suất tiêu thụ bằng 25% phụ tải cực đại. Ta xác định độ lệch điện áp ở chế độ cực tiểu tại điểm gần C :

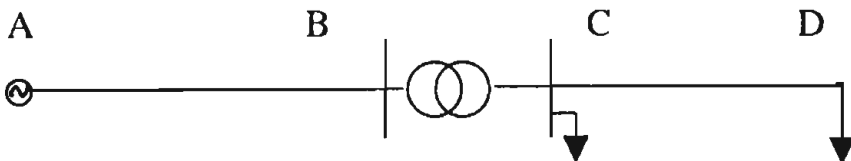
$$v''_C = v''_A - 0,25(\Delta U'_{AB} + \Delta U'_{BC}) = 2,5 - 0,25(1,2 + 3) = 1,45 \%$$

Điều kiện để chọn nấc là:

$$E \leq v_{cp}^+ - v''_C = 5 - 1,45 = 3,55 \quad \text{và} \quad E \geq v_{cp}^- - v'_D = -5 + 9,6 = 4,6$$

Như vậy nếu đảm bảo được điều kiện dưới thì không đảm bảo được điều kiện trên, do đó ta chọn nấc $E=0\%$ thoả mãn điều kiện trên: $2,5 < 3,55$, lúc đó độ lệch điện áp tại điểm tải gần nhất ở chế độ phụ tải cực tiểu sẽ đảm bảo không vượt quá giá trị cho phép. Còn độ lệch điện áp tại điểm D ở chế độ cực đại vẫn vượt quá giá trị cho phép, vì vậy cần phải áp dụng biện pháp nâng cao chất lượng điện khác.

Bài 9.13: Chọn nấc máy biến áp tiêu thụ 10/0,4 kV với máy biến áp loại TM- 320/10 (hình 9.6). biết : Độ lệch điện áp cố định tại thanh cái A ở chế độ phụ tải cực đại là $v'_A = 1,5\%$; ở chế độ phụ tải cực tiểu là $v''_A = 2,5\%$. Đường dây 10 kV làm bằng dây AC-70 dài $l_1=5,6$ km, đường dây hạ áp 0,38 kV làm bằng dây A-95 dài $l_2=0,45$ km. Công suất truyền tải trên đường dây 10 kV là $S_1 = 260$ kVA, $\cos\phi_1 = 0,8$; Công suất truyền tải trên đường dây hạ áp là $S_2 = 36$ kVA, $\cos\phi_H = 0,84$; Độ lệch điện áp cho phép là: $v_{cp} = \pm 5\%$; Coi chế độ phụ tải cực tiểu bằng 25% phụ tải ở chế độ cực đại.



Hình 9.6. Sơ đồ mạng điện bài 9.13

Giải: Trước hết ta cần xác định hao tổn điện áp trên các phần tử của mạng điện: Căn cứ vào mã hiệu máy biến áp và dây dẫn tra phụ lục, ta xác định được các tham số

$S_{ba} = 320$ kVA; $\Delta P_k = 4,85$ kW; $U_k = 4,5\%$; $r_{01} = 0,46$, $x_{01} = 0,81$; $r_{02} = 0,34$ và $x_{02} = 0,3 \Omega/\text{km}$

Điện trở của máy biến áp

$$R_B = \frac{\Delta P_k U_n^2}{S_{BA}^2} = \frac{4,85 \cdot 10^2 \cdot 10^3}{320^2} = 4,74 \Omega ;$$

$$Z_B = \frac{U_k U_{nBA}^2}{100 \cdot S_{nBA}} = \frac{4,5 \cdot 10^2 \cdot 10^3}{100 \cdot 320} = 14,06 \Omega ;$$

$$X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = \sqrt{14,06^2 - 4,74^2} = 13,24 \Omega .$$

Xác định hao tổn điện áp trong máy biến áp theo biểu thức

$$\begin{aligned} \Delta U \% &= \frac{P.R_B + Q.X_B}{U^2 \cdot 10^3} \cdot 100\% = \frac{S \cdot \cos \varphi \cdot R_B + S \cdot \sin \varphi \cdot X_B}{U^2} \cdot 10^{-1} \\ &= \frac{(260 \cdot 0,8 \cdot 4,74 + 260 \cdot 0,6 \cdot 13,24) \cdot 10^{-1}}{10^2} = 3,05\% \end{aligned}$$

Hao tổn điện áp trên đường dây 10 kV

$$\Delta U_{d1} \% = \frac{P \cdot r_0 + Q \cdot x_0}{U_n^2 \cdot 10^3} \cdot 100\% = \frac{260 \cdot 0,8 \cdot 0,46 + 260 \cdot 0,6 \cdot 0,38}{10^2} \cdot 5,6 \cdot 10^{-1} = 0,87\%$$

Tính toán tương tự cho đường dây hạ áp ta được $\Delta U'_{d2} = 5,03 \%$

Ta xác định độ lệch điện áp ở chế độ phụ tải cực đại đối với điểm xa nhất: D

$$v'_d = v'_A - \Delta U'_{AB} - \Delta U'_{BC} - \Delta U'_{CD} = 1,5 - (0,87 + 3,05 + 5,03) = -7,45\%$$

Độ lệch điện áp ở chế độ cực tiểu tại điểm gần C :

$$v''_c = v''_A - 0,25(\Delta U'_{AB} + \Delta U'_{BC}) = 2,5 - 0,25(0,87 + 3,05) = 1,52 \%$$

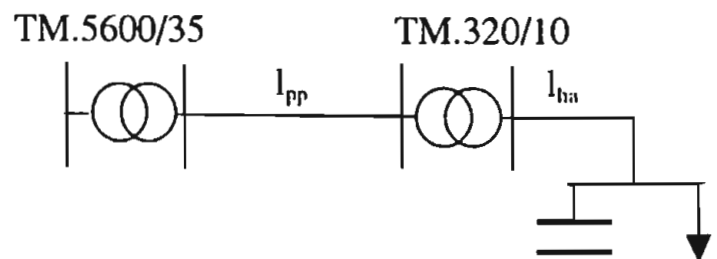
Điều kiện để chọn nấc là:

$$E \leq v_{cp}^+ - v''_c = 5 - 1,52 = 3,485 \quad \text{và} \quad E \geq v_{cp}^- - v'_d = -5 + 7,45 = 2,45$$

Chọn nấc $E = 2,5 \%$

Bài 9.14. Sơ đồ mạng điện cho trong hình 9.7, bao gồm trạm biến áp trung gian 35/10 kV, công suất 5600 kVA, đường dây phân phối 10 kV dài 6,4 km, trạm biến áp tiêu thụ 10/0,4 kV công suất 320 kVA và đường dây hạ áp 0,38 kV dài 0,57 km, điện áp trên đầu vào hệ dùng điện $U=328$ V. Hãy chọn tụ bù cần thiết để nâng mức điện áp lên giá trị trong giới hạn cho phép đối là $v_{cp} = \pm 7,5\%$.

Hình 9.7. Sơ đồ mạng điện bài 9.14.



Giải: Xác định độ gia tăng điện áp trên các phần tử mạng điện (bảng 14.pl.BT) gồm biến áp trung gian, đường dây phân phối 10 kV, biến áp tiêu thụ và đường dây hạ áp.

$$\sum v_{b0} = 0,19 + 6,4 \cdot 0,038 + 1,34 + 0,57 \cdot 21 = 15,93\%$$

Độ lệch điện áp thực tế

$$v_{th} = \frac{328 - 380}{380} 100 = -13,68\%$$

Độ lệch điện áp tính toán

$$v_{tt} = v_{cp}^- - v_{th} = -7,5 - (-13,68) = 6,18 \%$$

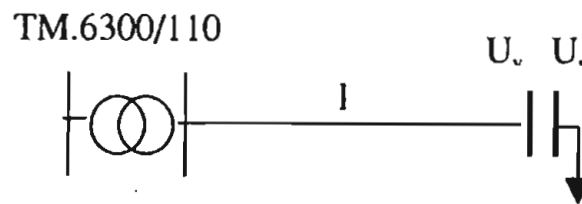
Giá trị công suất cần bù xác định theo biểu thức

$$Q_b = \frac{v_{tt} 10^2}{\sum v_{h0}} = \frac{6,18}{15,93} 10^2 = 38,8 \text{ kVAr}$$

Có thể chọn tụ bù tĩnh loại KC1-0,38-36-3Y1 dung lượng 36 kVAr, điện áp định mức 0,38 kV (bảng 40.pl.)[1].

Bài 9.15. Một đường dây 35 kV bằng dây AC-95 dài $l = 24,7$ km, có công suất truyền tải là $S = 3750$ kVA, $\cos\varphi = 0,8$, được cấp điện từ trạm biến áp 110/35 kV với máy TM.6300/110. Hãy chọn tụ bù dọc để nâng mức điện áp ở cuối đường dây lên giá trị 1,05 lần so với điện áp định mức, biết điện áp đầu đường dây là $U_1 = 37$ kV.

Hình 9.8. Sơ đồ mạng điện bài 9.15.



Giải: Trước hết ta xác định các tham số của mạng điện: Với dây dẫn AC-95 ta tra bảng 17.pl.[1] tìm được $r_0 = 0,34$ và $x_0 = 0,408 \Omega/\text{km}$; Với máy biến áp TM.6300/110 ta có hao tổn công suất ngắn mạch $\Delta P_k = 50$ kW, $U_k = 10,5\%$; (bảng 15.pl)[1].

Điện trở của đường dây:

$$R_d = r_0 l = 0,34 \cdot 24,7 = 8,4 \Omega \quad \text{và} \quad X_d = x_0 l = 0,38 \cdot 24,7 = 10,08 \Omega$$

Biểu thị công suất dưới dạng phức $S = 3000 + j 2250 = 3750$ kVA

Hao tổn điện áp trên đường dây

$$\Delta U = \frac{PR_d + QX_d}{U_n} = \frac{3000 \cdot 8,4 + 2250 \cdot 10,08}{35} \cdot 10^{-3} = 1,37 \text{ kV}$$

Điện áp thực tế tại cuối đường dây $U_v = U_1 - \Delta U = 37 - 1,37 = 35,63$ kV

Điện áp cần thiết ở đầu ra của tụ bù: $U_r = 1,05 \cdot U_n = 1,05 \cdot 35 = 36,75$ kV

Công suất bù cần thiết xác định theo biểu thức (9.25) $Q_b = K.S$

Hệ số K xác định theo biểu thức

$$K = \sin \varphi - \sqrt{\left(\frac{U_v}{U_r}\right)^2 - \cos^2 \varphi} = 0,6 - \sqrt{\left(\frac{35,63}{36,75}\right)^2 - 0,8^2} = 0,052;$$

$$Q_b = 0,052.3750 = 195,7 \text{ kVAr.}$$

Công suất bù của mỗi pha

$$Q_r = \frac{Q_b}{3} = \frac{195,7}{3} = 65,23 \text{ kVAr}$$

Dòng điện chạy trên đường dây

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}.U_n} = \frac{3750}{\sqrt{3}.35} = 61,86 \text{ A}$$

Điện trở tính toán của tụ

$$x = \frac{Q_b}{3.I^2} = \frac{195,7}{3.61,86^2} = 17,05 \Omega$$

Ta chọn tụ 2 tụ loại КПМ-1-50 (bảng 40.pl.) [1] có các thông số:

$$U_{nc} = 1 \text{ kV}, Q_{nc} = 50 \text{ kVAr}; I_{nc} = 50 \text{ A}; x_c = 20 \Omega. \text{ mắc song song trên mỗi pha.}$$

Như vậy các tham số định mức của mỗi bộ tụ là

$$U_c = 1 \text{ kV}, Q_c = 100 \text{ kVAr} > Q_r; I_c = 100 \text{ A} > I; x_c = 10 \Omega < X_d$$

thoả mãn các yêu cầu kỹ thuật

Điện áp thực tế ở đầu ra :

Trước hết ta xác định hệ số

$$\lambda = \frac{\sqrt{3}U_c I}{U_v I_c} = \frac{\sqrt{3}.1.61,86}{35,63.100} = 0,03$$

Độ gia tăng điện áp khi đặt tụ:

$$v_b = \lambda (\sin \varphi - 0,5 \lambda \cos^2 \varphi) = 0,03.(0,6 - 0,5. 0,03. 0,8^2) = 0,018$$

$$U_{rc} = U_v(1+v_b) = 35,63.(1+0,018) = 36,26 \text{ kV.}$$

Có thể coi là việc đặt tụ theo phương án trên là tương đối đảm bảo theo yêu cầu.

Kiểm tra điều kiện ngắn mạch: Xác định điện trở của các phần tử, coi công suất của hệ thống là vô cùng lớn, điện trở của máy biến áp được xác định theo biểu thức

$$Z_{BA} = \frac{U_k \cdot U_{nBA}^2}{100 \cdot S_{BA}} = \frac{10,5 \cdot 37^2}{100 \cdot 6,3} = 22,81 \Omega$$

$$R_{BA} = \frac{\Delta P_k U^2}{S_{BA}^2} = \frac{50 \cdot 37^2}{6,3^2} \cdot 10^{-3} = 1,72 \Omega$$

$$X_{BA} = \sqrt{22,81^2 - 1,72^2} = 22,75 \Omega$$

Tổng trở ngắn mạch:

$$Z = \sqrt{(X_{BX} + X_d - X_c)^2 + (R_{BX} + R_d)^2} = \sqrt{(22,75 + 10,08 - 10)^2 + (1,72 + 8,4)^2} = 25 \Omega$$

Dòng điện ngắn mạch:

$$I_k^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_k} = \frac{37}{\sqrt{3} \cdot 25} = 0,855 \text{ kA}$$

Bội số quá điện áp

$$\beta_{qa} = \frac{I_k^{(3)} X_c}{U_c} = \frac{0,85 \cdot 10}{1} = 8,5 > \beta_{cp} = 3,5$$

Vậy cần phải đặt cơ cấu bảo vệ quá điện áp tại nơi đặt tụ.

Bài 9.16. Đường hạ áp 380 V dài 0,68 km, làm bằng dây A-95 cung cấp cho một điểm tải có $S = 128 \text{ kVA}$, hệ số công suất $\cos \varphi = 0,8$. Hãy tính hao tổn điện áp trên đường dây trong các trường hợp:

a. Không có tụ bù trên đường dây.

b. Mắc tụ bù dọc điện trở $X_c = 0,2 \Omega$ ở cuối đường dây.

c. Mắc tụ bù dọc ở đầu đường dây.

d. Đánh giá chất lượng điện ở trường hợp b, biết điện áp đầu đường dây là $U_1 = 400 \text{ v}$, độ lệch điện áp cho phép là $\pm 7,5\%$, phụ tải cực tiểu coi bằng 25% phụ tải cực đại.

Giải:

Trước hết ta xác định các giá trị $r_0 = 0,34$ và $x_0 = 0,3 \Omega/\text{km}$ (bảng 17.pl) [1];

Biểu thị công suất của phụ tải dưới dạng phức; $S = P + j Q = 102,4 + j 76,8$

a) Hao tổn điện áp khi chưa có tụ:

Xác định điện trở của đường dây:

$$R = r_0 \cdot l = 0,34 \cdot 0,68 = 0,23 \Omega;$$



$$X = x_0 \cdot l = 0,3 \cdot 0,68 = 0,204 \Omega$$

$$\Delta U' = \frac{P.R + Q.X}{U} l = \frac{102,4 \cdot 0,23 + 76,8 \cdot 0,204}{0,38} = 103,53 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100 = \frac{103,53}{0,38 \cdot 10^3} \cdot 100 = 27,24\%$$

b) Khi tụ ở cuối đường dây:

Dòng điện chạy trong dây dẫn

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{120}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 194,48 \text{ A}$$

Công suất của tụ $Q_c = 3 \cdot I^2 X_c = 3 \cdot 194,48^2 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 22,69 \text{ kVAr}$

$$\Delta U = \frac{P.R + (Q - Q_c) \cdot (X - X_c)}{U} = \frac{102,4 \cdot 0,23 + (76,8 - 22,69)(0,204 - 0,2)}{0,38} = 62,87 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100 = \frac{62,87}{0,38 \cdot 10^3} \cdot 100 = 16,54\%$$

c) Khi tụ ở đầu đường dây

$$\Delta U = \frac{P.R + Q \cdot (X - X_c)}{U} = \frac{102,4 \cdot 0,23 + 76,8(0,204 - 0,2)}{0,38} = 63,11 \text{ V}$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100 = \frac{63,11}{0,38 \cdot 10^3} \cdot 100 = 16,6\%$$

d) Đánh giá chất lượng điện khi đặt tụ ở cuối đường dây

Khi phụ tải cực tiểu ta có

$$\Delta U'' = \frac{\Delta U'}{4} = \frac{62,87}{4} = 15,72 \text{ V}$$

Điện áp cực đại

$$U_M = U_n - \Delta U'' = 400 - 15,72 = 384,28 \text{ V}$$

Điện áp cực tiểu

$$U_{\min} = U_n - \Delta U' = 400 - 62,87 = 337,13 \text{ V}$$

$$U_{\text{th}} = \frac{U_{\max} + U_{\min}}{2} = \frac{384,28 + 337,13}{2} = 360,7 \text{ V}$$

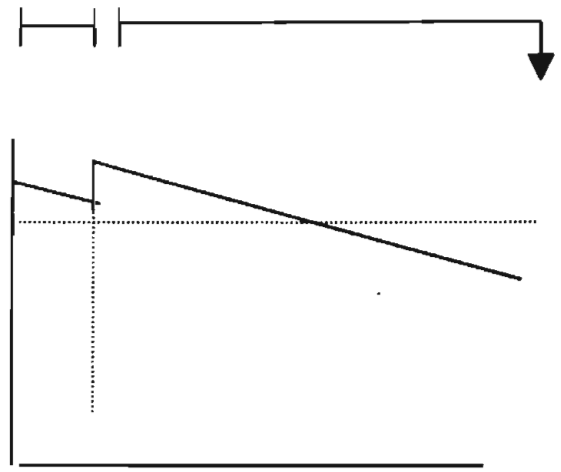
$$\sigma_v = \frac{U_M - U_{\min}}{6 \cdot U_n} 100 = \frac{384,28 - 337,13}{6 \cdot 380} 100 = 2,07\%$$

$$v_{ih} = \frac{U_{ih} - U_n}{U_n} 100 = \frac{360,7 - 380}{380} 100 = - 5,08\%$$

$$x_1 = \frac{v_{cf}^- - v_{ih}}{\sigma_v} = \frac{- 7,5 + 5,08}{2,07} = - 1,17 \rightarrow F(x_1) = - 0,3763$$

$$x_2 = \frac{v_{cf}^+ - v_{ih}}{\sigma_v} = \frac{7,5 + 5,08}{2,07} = 6,08 \rightarrow F(x_2) = 0,4999$$

$$p_{cf} = F(x_2) - F(x_1) = 0,4999 + 0,3763 = 0,8762$$



Nhận xét: Việc đặt tụ ở cuối đường dây có hiệu quả cao hơn đôi chút so với phương án đặt tụ ở đầu đường dây.

3. BÀI TẬP

9.1. Cho số liệu thống kê về điện áp (V) trong 24 lần đo như sau:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
U	388	389	392	390	386	380	380	378	376	375	376	379
n	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
U	377	376	375	376	376	374	370	371	376	378	380	384

Hãy đánh giá chất lượng điện của lưới, biết độ lệch cho phép trên đầu vào của các thụ điện là $v_{cp} = \pm 5\%$

9.2. Cho số liệu thống kê về điện áp pha (V) tại một điểm nút của mạng điện đo trong một ngày đêm như sau:

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
U	220	221	221	219	217	215	214	210	210	209	208	210
t	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
U	211	208	207	207	206	200	197	195	200	207	219	220

Hãy đánh giá chất lượng điện của lưới trong hai trường hợp:

a) khi phụ tải chủ yếu là sinh hoạt;

b) khi phụ tải chỉ đơn thuần là chiếu sáng.

9.3. Hãy đánh giá chất lượng điện của mạng điện công nghiệp ($v_{cp} \pm 5\%$), biết giá trị điện áp cực đại là $U_M = 382$ V và giá trị điện áp cực tiểu là $U_{min} = 345$ V.

9.4. Hãy đánh giá chất lượng điện của mạng điện chiếu sáng, biết giá trị điện áp cực đại là $U_M = 382$ V và giá trị điện áp cực tiểu là $U_{min} = 345$ V.

9.5. Một đường dây hạ áp 380 V dài 0,35 km làm bằng dây A-120 cung cấp cho điểm tải sinh hoạt có công suất 68 kVA, $\cos\varphi = 0,78$. Hãy đánh giá chất lượng điện, biết ở chế độ phụ tải cực đại mức điện áp tại đầu thanh cái của trạm biến áp tiêu thụ là 372V và ở chế độ phụ tải cực tiểu giá trị này là 388 V; coi phụ tải cực đại bằng 4 lần phụ tải cực tiểu.

9.6. Một đường dây hạ áp 380 V dài 0,42 km làm bằng dây A-120 ($r_0 = 0,27$ và $x_0 = 0,3$ Ω/km) cung cấp cho 2 điểm tải: sinh hoạt có công suất 26 kVA, $\cos\varphi = 0,81$ và phụ tải chiếu sáng công suất 37 kVA, hệ số $\cos\varphi = 0,95$. Hãy đánh giá chất lượng điện, biết ở chế độ phụ tải cực đại mức điện áp tại đầu thanh cái của trạm biến áp tiêu thụ là 378 V và ở chế độ phụ tải cực tiểu giá trị này là 386 V; coi phụ tải cực đại bằng 4 lần phụ tải cực tiểu.

9.7. Số liệu đo đếm của dòng điện các pha của một mạng điện hạ áp 3 pha có dây trung tính là: $I_A = 327$; $I_B = 298$ và $I_C = 305$ A. Hãy đánh giá mức độ đối xứng của mạng điện theo phương pháp phân tích các thành phần đối xứng.

9.8. Số liệu đo đếm của dòng điện các pha của một mạng điện hạ áp 3 pha có dây trung tính là: $I_A = 327$; $I_B = 298$ và $I_C = 305$ A. Hãy đánh giá mức độ đối xứng của mạng điện theo phương pháp giải tích, biết hệ số công suất trung bình là $\cos\varphi = 0,8$.

9.9. Số liệu đo đếm của dòng điện các pha của một mạng điện hạ áp 3 pha có dây trung tính là: $I_A = 195$; $I_B = 287$ và $I_C = 225$ A. Hãy đánh giá mức độ đối xứng của mạng điện, biết hệ số công suất trung bình là $\cos\varphi = 0,82$.

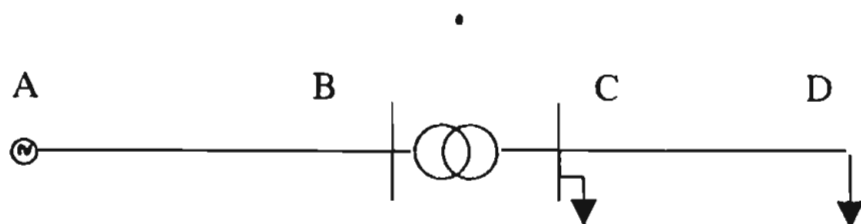
9.10. Số liệu đo đếm của dòng điện các pha của một mạng điện hạ áp 3 pha không dây trung tính là: $I_A = 117$; $I_B = 176$ và $I_C = 155$ A. Hãy đánh giá mức độ đối xứng của mạng điện.

9.11. Mức điện áp trên đầu vào máy biến áp tăng áp 6,6/115 kV với máy TM-25000/110 ở chế độ phụ tải cực đại là $U'_V = 6,34$ kV và ở chế độ cực tiểu là $U''_V = 6,56$ kV; và điện áp ở đầu ra tương ứng là $U'_R = 105$; $U''_R = 113,5$ kV. Phụ tải qua máy biến áp là $S = 22300$ kVA; hệ số công suất $\cos\varphi = 0,84$. Hãy chọn nấc máy biến áp sao cho đảm bảo yêu cầu chất lượng.

9.12. Mức điện áp trên đầu vào máy biến áp TM-5600/35 ở chế độ phụ tải cực đại là $U'_V = 33,8$ kV và ở chế độ cực tiểu là $U''_V = 35,2$ kV; và điện áp ở đầu ra tương ứng là $U'_R = 10$

; $U''_R = 10,4$ kV. Phụ tải qua máy biến áp là $S = 5260$ kVA; hệ số công suất $\cos\varphi = 0,82$. Hãy chọn nấc máy biến áp sao cho đảm bảo yêu cầu chất lượng.

9.13. Chọn nấc máy biến áp tiêu thụ 10/0,4 kV (hình 9.6)



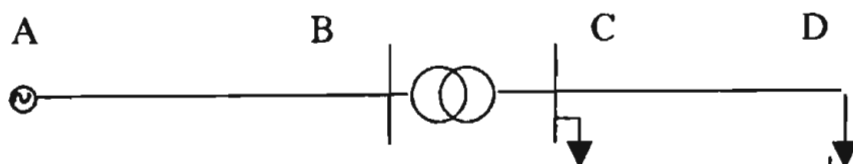
Hình 9.9. Sơ đồ mạng điện bài tập 9.13.

Biết độ lệch điện áp cố định tại thanh cái A ở chế độ phụ tải cực đại là $v'_A = 2,5\%$; ở chế độ phụ tải cực tiểu là $v''_A = 4\%$. Hao tổn điện áp ở chế độ tải cực đại trên các đoạn dây là: $\Delta U_{AB} = 0,76\%$, $\Delta U_{BC} = 2,56\%$; $\Delta U_{CD} = 7,23\%$. Độ lệch điện áp cho phép là: $v_{cp} = \pm 10\%$.

9.14. Chọn nấc máy biến áp tiêu thụ 10/0,4 kV.

Biết độ lệch điện áp cố định tại thanh cái A ở chế độ phụ tải cực đại là $v'_A = 1,5\%$; ở chế độ phụ tải cực tiểu là $v''_A = 3,5\%$. Hao tổn điện áp ở chế độ tải cực đại trên các đoạn dây là: $\Delta U_{AB} = 1,75\%$, $\Delta U_{BC} = 3,65\%$; $\Delta U_{CD} = 6,47\%$. Độ lệch điện áp cho phép là: $v_{cp} = \pm 5\%$.

9.15. Chọn nấc máy biến áp tiêu thụ 10/0,4 kV với máy biến áp loại TM- 560/10 (hình 9.7). biết :

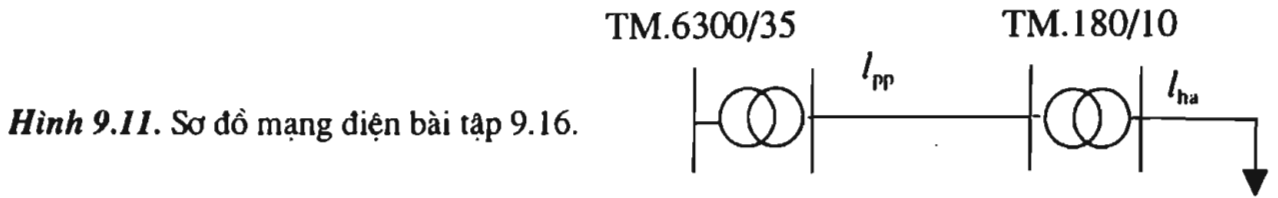


Hình 9.10. Sơ đồ mạng điện bài tập 9.15.

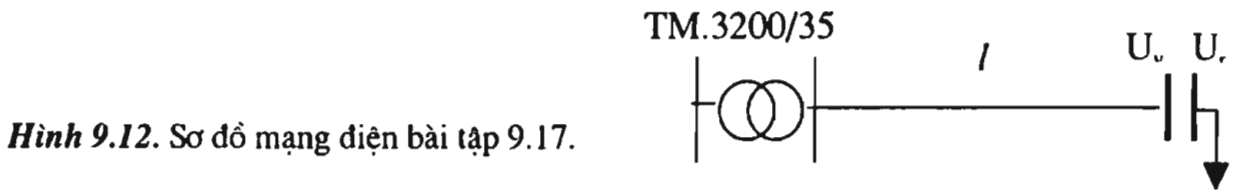
Độ lệch điện áp cố định tại thanh cái A ở chế độ phụ tải cực đại là $v'_A = 1,75\%$; ở chế độ phụ tải cực tiểu là $v''_A = 3,5\%$. Đường dây 10 kV làm bằng dây AC-95 dài $l_1 = 6,4$ km, đường dây hạ áp 0,38 kV làm bằng dây A-120 dài $l_2 = 0,72$ km. Công suất truyền tải trên đường dây 10 kV là $S_1 = 450$ kVA, $\cos\varphi_1 = 0,8$; Công suất truyền tải trên đường dây hạ áp là $S_2 = 45$ kVA, $\cos\varphi_H = 0,82$; Độ lệch điện áp cho phép là: $v_{cp} = \pm 7,5\%$; Coi chế độ phụ tải cực tiểu bằng 25% phụ tải ở chế độ cực đại.

9.16. Sơ đồ mạng điện cho trong hình 10.8.2, bao gồm trạm biến áp trung gian 35/10 kV, công suất 6300 kVA, đường dây phân phối 10 kV dài 5,4 km, trạm biến áp tiêu thụ 10/0,4 kV công suất 180 kVA và đường dây hạ áp 0,38 kV dài 0,45 km, điện áp trên đầu vào hộ dùng

điện $U=323$ V. Hãy chọn tụ bù cần thiết để nâng mức điện áp lên giá trị trong giới hạn cho phép đối là $v_{cp}=\pm 7,5\%$.



9.17. Một đường dây 10 kV từ trạm biến áp 35/10 kV bằng dây AC-70 dài $l = 7,85$ km, có công suất truyền tải là $S = 1240$ kVA, $\cos\varphi = 0,82$; Hãy chọn tụ bù dọc để nâng mức điện áp ở cuối đường dây lên 1,05 lần giá trị điện áp định mức của đường dây.



9.18. Đường hạ áp 380 V dài 0,82 km, làm bằng dây A-70 cung cấp cho một điểm tải có $S = 96$ kVA, hệ số công suất $\cos\varphi = 0,82$. Hãy tính hao tổn điện áp trên đường dây trong các trường hợp:

- Không có tụ bù trên đường dây.
- Mắc tụ bù dọc điện trở $X_c = 0,23 \Omega$ ở cuối đường dây.
- Mắc tụ bù dọc ở đầu đường dây.
- Đánh giá chất lượng điện ở trường hợp b, biết điện áp đầu đường dây là $U_1 = 400$ v, độ lệch điện áp cho phép là $\pm 7,5\%$, phụ tải cực tiểu coi bằng 25% phụ tải cực đại.

Chương 10

ĐỘ TIN CẬY CUNG CẤP ĐIỆN

1. TÓM LƯỢC LÝ THUYẾT

1.1. Các chỉ tiêu cơ bản của độ tin cậy cung cấp điện

* Xác suất làm việc tin cậy của hệ thống trong thời gian t:

$$p(t) = e^{-\lambda t}, \quad (10.1)$$

trong đó: λ - thông lượng hỏng hóc của hệ thống

* Thời gian phục hồi trung bình là kỳ vọng toán, thời gian chi phí để tìm và sửa chữa thiết bị hư hỏng.

$$t_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{ri}; \quad (10.2)$$

trong đó: t_{ri} - thời gian phục hồi sự cố thứ i;

n - số lần xảy ra sự cố;

* Thời gian làm việc an toàn trung bình

$$t_p = \frac{1}{\lambda}; \quad (10.3)$$

* Hệ số dừng

$$k_d = \lambda p(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (10.4)$$

1.2. Thiệt hại do mất điện

1.2.1. Thiệt hại do bị ứ đọng vốn đầu tư cố định

$$Y_1 = \frac{\chi_1 Z}{8760} t_{r1} \cdot \chi_r, \quad (10.5)$$

trong đó: Z - chi phí quy đổi của xí nghiệp sản xuất;

t_{11} - thời gian mất điện;

χ_r - hệ số trùng hợp, tính đến sự phân bố không đều của thời gian mất điện ứng với quy trình công nghệ sản xuất. Đối với các xí nghiệp sản xuất ba ca thì $\chi_r = 1$, hai ca $\chi_r = 0,667$;

χ_r - hệ số tính đến sự phân bố không đều của sự cố theo thời gian.

1.2.2. Thiệt hại kinh tế do sản phẩm không được sản xuất khi mất điện:

$$Y_2 = (g_0 \cdot N_0 \cdot t_{1b} - C) \cdot n \cdot \chi_r + \alpha \cdot n \cdot Z_1 \text{ đồng/năm} , \quad (10.6)$$

trong đó:

g_0 - giá thành một đơn vị sản phẩm;

N_0 - số sản phẩm sản xuất ra trong một đơn vị thời gian;

C - chi phí nguyên vật liệu cho lượng sản phẩm sản xuất ra tương ứng với thời gian mất điện;

Z_1 - chi phí qui đổi của các thiết bị hỏng hóc khi xảy ra mất điện;

t_{1b} - thời gian trung bình tính trong một lần sự cố;

n - số lần mất điện trong năm;

α - hệ số tính tới sự thay đổi hỏng hóc của các thiết bị máy móc ở mỗi lần mất điện ($0 < \alpha \leq 1$).

1.2.3. Thiệt hại do chất lượng sản phẩm bị giảm

$$Y_3 = N_0 \cdot (g_0 - g^*) \cdot n \cdot t_{1b} \text{ đ/năm}, \quad (10.7)$$

trong đó:

N_0 - số sản phẩm sản xuất ra trong một đơn vị thời gian;

g_0 - giá thành sản phẩm;

g^* - giá thành phế phẩm;

n - số lần mất điện trong năm;

t_{1b} - thời gian mất điện trung bình của mỗi lần sự cố.

1.2.4. Thiệt hại hệ thống:

$$Y_4 = \frac{Z_{ht}}{T_M P_u} A_{1b} \quad (10.8)$$

trong đó:

Z_{hi} - chi phí quy đổi của hệ thống điện;

T_M - thời gian sử dụng cực đại;

P_{ii} - công suất tính toán của hệ thống điện;

A_{th} - điện năng thiếu hụt do mất điện.

Tổng thiệt hại do mất điện $Y_{\Sigma} = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4$.

1.2.5. Thời gian mất điện đẳng trị

$$T = t_r + \gamma t_{dk} \quad (10.9)$$

trong đó: γ - hệ số tính đến sự giảm thiệt hại do mất điện được báo trước;

t_{dk} - thời gian sử chữa định kỳ.

Thời gian mất điện T được xác định cho toàn mạng điện / theo biểu thức:

$$T = \alpha_C L_C + \alpha_{BATG} + \alpha_I L_I - \alpha_I \beta \Delta l_{CL} - \alpha_I \Delta l_{MC} + \alpha_{TT} + \alpha_H L_H \quad (10.10)$$

trong đó: $\alpha_C, \alpha_I, \alpha_H$ - suất mất điện trên 1 đơn vị chiều dài của các đường dây cung cấp, phân phối, hạ áp;

$\alpha_{BATG}, \alpha_{TT}$ - suất mất điện của máy biến áp ở trạm trung gian và tiêu thụ;

L_C, L_I, L_H - chiều dài của đường dây cung cấp, phân phối và hạ áp;

$\Delta l_{CL}, \Delta l_{MC}$ - chiều dài đoạn đường dây được trang bị dao cách ly và máy cắt để loại trừ sự cố ở lưới phân phối;

β - hệ số tính đến ảnh hưởng của việc đặt dao cách ly để phân đoạn đường dây.

1.3. Đánh giá độ tin

1.3.1. Mạch nối tiếp

Sơ đồ gồm n phần tử mắc nối tiếp.

Độ tin cậy của sơ đồ trong thời gian t được xác định:

$$p(t) = e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t} \quad (10.11)$$

trong đó: λ_i - cường độ sự cố của phần tử i ;

n - số các phần tử.

Cường độ sự cố của mạch nối tiếp

$$\Lambda_{nt} = \sum_{i=1}^n \lambda_i ; \quad (10.12)$$

Thời gian phục hồi trung bình

$$t_{\bar{r}} = \frac{1}{\Lambda_{nt}} \sum_{i=1}^n \lambda_i t_{fi} , \quad (10.13)$$

trong đó: t_{fi} – thời gian phục hồi của phần tử thứ i .

1.3.2. Mạch song song

Độ tin cậy của mạch song song

$$p(t) = \prod_{i=1}^n (1 - e^{-\lambda_i t}) \quad (10.14)$$

Đối với mạch song song gồm 2 phần tử.

$$\Lambda_{ss} = \lambda_1 + \lambda_2 (t_{11} + t_{12}) \quad (10.15)$$

Thời gian phục hồi trung bình

$$t_{\bar{r}}^{ss} = \frac{1}{\frac{1}{t_{11}} + \frac{1}{t_{12}}} \quad (10.16)$$

Thời gian làm việc an toàn

$$t_p^{ss} = \frac{1}{\Lambda_{ss}} \quad (10.17)$$

Khi đã biết λ_i và t_{fi} có thể xác định xác suất không tin cậy q_i

$$q_i = \frac{\lambda_i t_{fi}}{8760} \quad (10.18)$$

1.3.3. Biến đổi $Y \leftrightarrow \Delta$

$$q_1 = q_{13} \cdot q_{12} ; \quad q_2 = q_{12} \cdot q_{23} ; \quad q_3 = q_{13} \cdot q_{23} \quad (10.19)$$

$$q_{12} = \sqrt{\frac{q_1 q_2}{q_3}} ; \quad q_{23} = \sqrt{\frac{q_2 q_3}{q_1}} ; \quad q_{13} = \sqrt{\frac{q_1 q_3}{q_2}} , \quad (10.20)$$

trong đó: q_i, q_{ij} – xác suất hỏng hóc của các nhánh hình sao và nhánh hình tam giác.

1.3.4. Phương pháp xác suất toàn phần

Xác suất tin cậy của toàn hệ thống được xác định theo công thức xác suất toàn phần.

$$p(A) = p(H).p(A/H) + p(\bar{H}). p(A/\bar{H}), \tag{10. 21}$$

trong đó: $p(H)$ - xác suất tin cậy của phần tử cơ bản H;

$p(\bar{H})$ - xác suất không tin cậy của phần tử H: $p(\bar{H}) = 1 - p(H)$;

$p(A/H)$ - xác suất tin cậy của hệ thống với điều kiện H hoàn toàn tin cậy;

$p(A/\bar{H})$ - xác suất tin cậy của hệ thống khi H hoàn toàn không tin cậy (tức là bị sự cố).

1.3.5. Xác định xác suất thiếu hụt công suất

a. Xác định xác suất giảm công suất vì sự cố

Xác suất trạng thái của nhà máy điện khi có n_1 tổ máy làm việc tốt và n_2 tổ máy bị sự cố ($n = n_1 + n_2$) là:

$$P_{i(G)} = \prod_{j=1}^{n_1} p_j \prod_{k=1}^{n_2} q_k \tag{10. 22}$$

Xác suất này cũng chính là xác suất giảm công suất vì sự cố.

b. Xác định xác suất thiếu hụt công suất nguồn

$$P_{i(P_i < P_{pi})} = \frac{t_i}{T}, \tag{10. 23}$$

trong đó: t_i – thời gian tác động của phụ tải;

T – tổng thời gian quan sát.

Xác suất thiếu hụt công suất ở trạng thái i

$$P_{thi} = P_{i(P_i < P_{pi})} \cdot P_{Gi} \tag{10. 24}$$

Xác suất tích phân thiếu hụt lượng công suất rb

$$J_{ih}^{rb} = \sum_{i=1}^M P_{thi} \tag{10. 25}$$

1.4. Các phương pháp nâng cao độ tin cậy cung cấp điện

1.4.1. Dự phòng công suất

Việc đặt trạm dự phòng chỉ có ý nghĩa khi chi phí tính toán của trạm ít hơn thiệt hại do mất điện.

$$Z_{dp} = pV_{dp} + C_{dp} \leq Y ; \quad (10.26)$$

$$Z_{dp} = \frac{pV_{df} + C_{df}}{P_{th}\chi_1 n.t_f} , \quad (10.27)$$

trong đó: p – hệ số sử dụng hiệu quả và khấu hao thiết bị

V_{dp} – vốn đầu tư cho cơ cấu dự phòng;

C_{dp} – chi phí hàng năm cho cơ cấu dự phòng;

Y – thiệt hại do mất điện;

P_{th} – công suất thiếu hụt khi mất điện;

χ - hệ số trùng hợp;

n – số lần mất điện trong năm;

t_f – thời gian phục hồi của mỗi lần mất điện.

Như vậy điều kiện kinh tế để đặt trạm dự phòng là $Z_{dp} \leq y_0$.

1.4.2. Phân đoạn đường dây

a. Đường dây không phân nhánh:

Năng lượng thiếu hụt do mất điện khi chưa có cơ cấu phân đoạn là:

$$A_0 = P_0.n.t_f L^2, \quad (10.28)$$

trong đó: P_0 - suất phụ tải trên một đơn vị chiều dài, kW/km;

n – số lần mất điện trên một đơn vị chiều dài;

t_f – thời gian trung bình mỗi lần mất điện, h;

L – chiều dài đường dây, km.

Thiệt hại do mất điện

$$Y_0 = y_0 A_0 = y_0 P_0.n.t_f L^2; \quad (10.29)$$

y_0 – suất thiệt hại do mất điện.

Thiệt hại do mất điện khi đặt N cơ cấu phân đoạn

$$Y_N = y_0 A_N = y_0 P_0 n t_f L^2 \frac{1}{2} \frac{N+2}{N+1} \quad (10.30)$$

N – số cơ cấu phân đoạn đường dây.

Hiệu quả do đặt N cơ cấu phân đoạn là:

$$\Delta Y_N = Y_0 - Y_N = Y_0 \frac{N}{2(N+1)} \quad (10.31)$$

b. Đường dây phân nhánh

Việc đặt cơ cấu sẽ có ý nghĩa kinh tế khi thực hiện điều kiện:

$$l > \frac{pV_{pd}}{y_0 P_0 L n t_f}, \quad (10.32)$$

l – chiều dài nhánh rẽ.

3). *Chọn vị trí đặt của cơ cấu phân đoạn*

a. Chọn cơ cấu phân đoạn đường dây khi đã biết số liệu cụ thể của các phụ tải

* Căn cứ vào bảng cho sẵn xác định khả năng thiệt hại do mất điện của các thụ điện.

$$Y = y_0 \chi_i N_{sp} t, \quad (10.33)$$

trong đó: y_0 - suất thiệt hại trên một đơn vị sản phẩm;

χ_i - hệ số trùng hợp;

N_{sp} - số đơn vị sản phẩm;

t - thời gian mất điện trong năm.

* *Xác định tổng thiệt hại của lưới.*

$$Y_\Sigma = \sum Y_i, \quad (10.34)$$

Y_i - thiệt hại ở điểm thứ i .

* *Sơ bộ xác định vị trí đặt cơ cấu phân đoạn và xác định hiệu quả phân đoạn*

$$E = \frac{Y_I t_{II}}{t}, \quad (10.35)$$

trong đó: Y_I - tổng thiệt hại do mất điện trong năm trên đoạn I (tính từ nguồn đến điểm đặt cơ cấu);

t_{II} - thời gian mất điện trong năm của đoạn dây sau cơ cấu phân đoạn;

t - tổng thời gian mất điện của cả lưới.

* *Xác định hiệu suất kinh tế của cơ cấu.*

$$E_{KT} = E - Z_{pd}; \quad (10.36)$$

Z_{pd} - chi phí tính toán của cơ cấu phân đoạn.

$$Z_{pd} = pV_{pd} + C ; \quad (10.37)$$

Điều kiện đặt cơ cấu phân đoạn là: $E_{KT} > 0$

* *Chọn vị trí đặt của cơ cấu phân đoạn thứ 2 và xét sự kết hợp của 2 cơ cấu:*

Hiệu quả phân đoạn khi đặt 2 cơ cấu

- Nếu các cơ cấu đặt song song:

$$E' = E_1 + E_2 \quad (10.38)$$

- Nếu cơ cấu đặt nối tiếp nhau

$$E' = E_1 + \frac{Y_{1-ii} t_{iii}}{t} \quad (10.39)$$

trong đó: E_1, E_2 - hiệu quả phân đoạn của cơ cấu 1 và 2

Y_{1-ii} - tổng thiệt hại của các thụ điện mắc giữa 2 cơ cấu phân đoạn;

t_{iii} - thời gian mất điện trong năm của đoạn dây sau cơ cấu phân đoạn thứ II.

* *Xác định hiệu suất kinh tế khi đặt 2 cơ cấu*

$$E_{KT2} = E' - 2Z_{pd} \quad (10.40)$$

Nếu $E_{KT2} < 0$ thì việc đặt 2 cơ cấu sẽ không đem lại hiệu suất kinh tế.

Nếu $E_{KT2} > 0$ thì xét tiếp phương án đặt 3 cơ cấu và cứ thế cho đến khi xác định được $E_{KTn} < 0$ thì dừng lại.

b. Chọn vị trí đặt của cơ cấu phân đoạn khi không có số liệu cụ thể của các hộ tiêu thụ điện

Lúc này cần dựa vào công suất đặt của trạm tiêu thụ để xác định hiệu quả phân đoạn:

$$E = k_{nc} P_1 y_0 t_{11} , \quad (10.41)$$

trong đó: P_1 - tổng công suất đặt của tất cả các trạm tiêu thụ phía trước cơ cấu phân đoạn;

k_{nc} - hệ số nhu cầu;

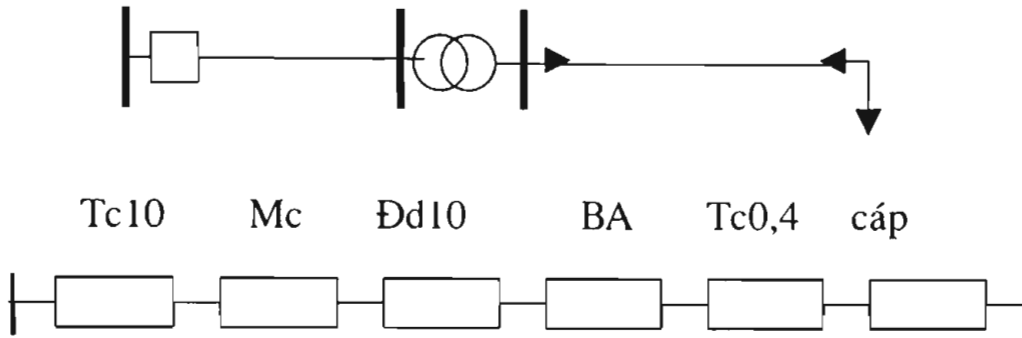
t_{11} - tổng thời gian mất điện của các đoạn dây sau cơ cấu phân đoạn;

y_0 - suất thiệt hại do mất điện, đồng/kWh.

Các bước tiếp theo tiến hành tương tự như trên.

2. BÀI GIẢI MẪU

Bài 10.1. Xác định các chỉ tiêu ĐTCCCD cho mạng điện phân phối từ thanh cái trạm biến áp trung gian đến đầu vào của hộ dùng điện theo sơ đồ hình 10.1 gồm: thanh cái trạm trung gian, máy cắt lộ ra, 7,5 km đường dây 10 kV, máy biến áp tiêu thụ, thanh cái trạm tiêu thụ và 0,6 km đường cáp hạ áp. Công suất tính toán của hộ dùng điện là $P = 315$ kW.



Hình 10.1. Sơ đồ mạng điện bài 10.1.

Giải: Thông lượng hỏng hóc và thời gian phục hồi tra theo bảng 15.pl.BT, kết quả được ghi trong bảng 10.1:

Bảng 10.1. Tham số về ĐTC của các phần tử trong bài toán 10.1

Phần tử	TC	MC	d 10	BA	TC	Cáp 0.4	Σ
λ	0,065	0,007	0,225	0,015	0,065	0,21	0,587
t_r	4	8	12	90	4	12	
$\lambda \cdot t_r$	0,26	0,056	2,7	1,35	0,26	2,52	7,146

Thông lượng hỏng hóc của đường dây 10 kV: $\lambda_{10} = \lambda_{01} \cdot l_{10} = 0,03 \cdot 7,5 = 0,225$

Thông lượng hỏng hóc của đường dây 0,38 kV: $\lambda_{0,38} = \lambda_{02} \cdot l_{0,38} = 0,35 \cdot 0,6 = 0,21$

Thông lượng hỏng hóc của mạng điện

$$\lambda_{\Sigma} = \sum \lambda_i = 0,587$$

Thời gian phục hồi của mạng điện

$$t_{tm} = \frac{\sum \lambda_i t_i}{\lambda_{\Sigma}} = \frac{7,146}{0,587} = 12,17 \text{ h}$$

Xác suất tin cậy trong thời gian một năm vận hành ($t=1$)

$$P_{(t)} = e^{-\lambda t} = e^{-0,587 \cdot 1} = 0,556$$

Xác suất không tin cậy trong thời gian một năm vận hành ($t=1$)

$$q_{(t)} = 1 - p_{(t)} = 1 - 0,556 = 0,444$$

Thời gian làm việc an toàn

$$t_p = \frac{1}{\lambda_\Sigma} = 1/0,587 = 1,704 \text{ năm}$$

Hệ số dùng $k_d = \lambda_\Sigma p_{(t)} = 0,587 \cdot 0,556 = 0,326$

Hệ số sẵn sàng $k_{ss} = 1 - k_d = 1 - 0,326 = 0,674$

Năng lượng thiếu hụt

$$A_{th} = P \lambda_\Sigma t_{fm} = 315 \cdot 0,587 \cdot 12,17 = 2251 \text{ kWh.}$$

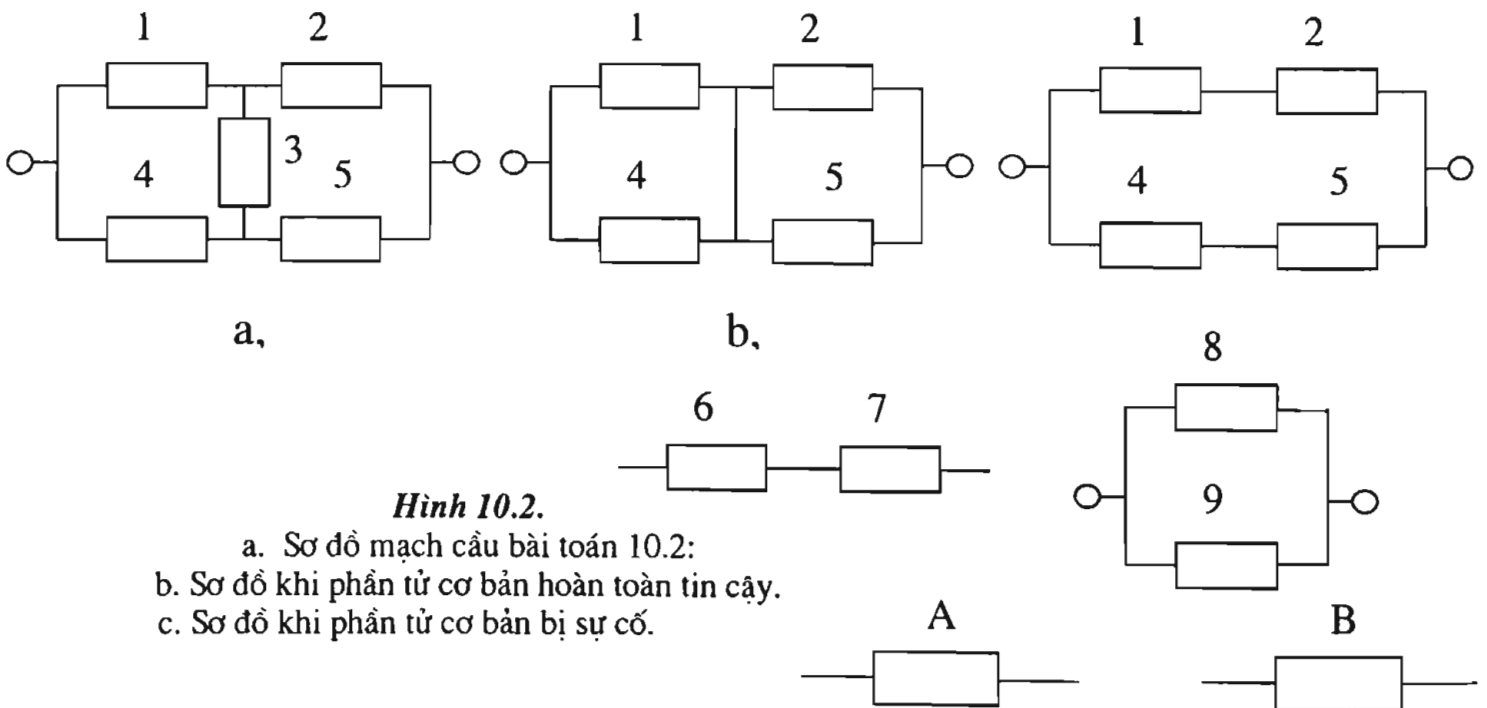
Bài 10.2. Xác định xác suất tin cậy của sơ đồ cầu hình 10.2 với xác suất tin cậy của các phần tử cho trong bảng sau

p.tử	1	2	3	4	5
p	0,65	0,78	0,56	0,69	0,83

Giải: Trước hết ta xác định các giá trị $q_i = 1 - p_i$: $q_1 = 1 - p_1 = 1 - 0,65 = 0,35$.

Kết quả tính toán ghi trong bảng 10.2.

Chọn phần tử 3 của sơ đồ (hình 10.2.a.) làm phần tử cơ bản ta sẽ có hai sơ đồ thay thế hình (10.2.b) và (10. 2.c.) xác định xác suất tin cậy của sơ đồ theo phương pháp xác suất toàn phần.



Hình 10.2.

- a. Sơ đồ mạch cầu bài toán 10.2:
- b. Sơ đồ khi phần tử cơ bản hoàn toàn tin cậy.
- c. Sơ đồ khi phần tử cơ bản bị sự cố.

Trước hết ta xác định các xác suất

$$q_6 = q_1 q_4 = 0,35 \cdot 0,31 = 0,109 \quad \text{suy ra} \quad p_6 = 1 - 0,109 = 0,891;$$

$$q_7 = q_2 q_5 = 0,22 \cdot 0,17 = 0,037 \quad \text{suy ra} \quad p_7 = 1 - 0,037 = 0,963;$$

$$p_8 = p_1 p_2 = 0,65 \cdot 0,78 = 0,507; \quad q_8 = 1 - 0,507 = 0,493;$$

$$p_9 = p_4 p_5 = 0,69 \cdot 0,83 = 0,573; \quad q_9 = 1 - 0,573 = 0,427;$$

$$q_B = q_8 q_9 = 0,493 \cdot 0,427 = 0,211 \quad \text{suy ra} \quad p_B = 1 - 0,211 = 0,789.$$

Xác suất tin cậy của sơ đồ hình b, (khi phần tử cơ bản hoàn toàn tin cậy) là

$$p_A = p_6 p_7 = 0,892 \cdot 0,963 = 0,858$$

Xác suất tin cậy của sơ đồ c, (khi phần tử cơ bản bị hỏng hóc) là $p_B = 0,727$

Xác suất tin cậy của sơ đồ

$$p = p_3 p_A + q_3 p_B = 0,56 \cdot 0,858 + 0,44 \cdot 0,858 = 0,828$$

Kết quả tính toán ghi trong bảng 10. 2 sau

Bảng 10. 2. Kết quả tính toán bài toán 10.2

p.tử	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	Σ
p	0,65	0,78	0,56	0,69	0,83	0,892	0,963	0,507	0,573	0,858	0,789	0,828
q	0,35	0,22	0,44	0,31	0,17	0,109	0,037	0,493	0,427	0,142	0,211	

Bài 10.3. Có hai tổ máy phát, tổ máy 1 có công suất $P_1 = 20$ MW và xác suất hỏng hóc là $q_1 = 0,015$; tổ máy 2 có công suất $P_2 = 40$ MW với xác suất hỏng hóc $q_2 = 0,027$. Hãy xác định xác suất giảm công suất vì sự cố của nhà máy điện.

Giải: Xác suất chạy tốt của các tổ máy tương ứng là:

$$p_1 = 1 - q_1 = 1 - 0,015 = 0,985 \quad \text{và} \quad p_2 = 1 - q_2 = 0,973$$

Nhà máy có thể có số trạng thái là $M = 2^2 = 4$ trạng thái sau:

- 1- Cả 2 máy đều chạy tốt; 2 - Máy 1 hỏng và máy 2 tốt;
3- Máy 1 hỏng và máy 2 tốt; 4- Cả 2 máy đều hỏng.

Xét trạng thái 1: Xác suất trạng thái 1 là $p_{11} = p_1 p_2 = 0,985 \cdot 0,973 = 0,9584$; xác suất này chính là xác suất giảm công suất vì sự cố với công suất giảm bằng không;

ở trạng thái 2: Xác suất trạng thái 2 là $p_{12} = q_1 p_2 = 0,015 \cdot 0,973 = 0,0146$; công suất giảm bằng công suất của tổ máy hỏng, tức là 20 MW. Tính toán tương tự cho các trạng thái khác, kết quả ghi trong bảng 10.3.

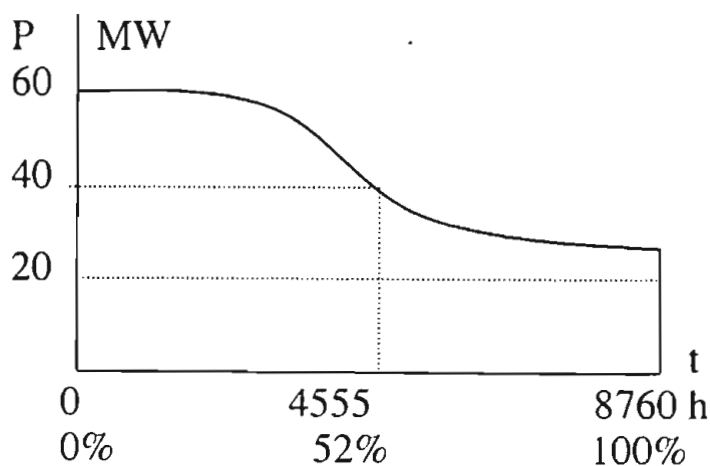
Bảng 10.3 Xác suất trạng thái của nhà máy điện

Trạng thái	Công suất phát, MW	Công suất giảm	Xác suất giảm công suất
1	$20+40 = 60$	0	$0,985 \cdot 0,973 = 0,9584$
2	$0+40=40$	20	$0,015 \cdot 0,973 = 0,0146$
3	$20+0=20$	40	$0,985 \cdot 0,027 = 0,0266$
4	$0+0=0$	$20+40 = 60$	$0,015 \cdot 0,027 = 0,0004$

Bài 10.4. Với số liệu như bài 3, biết thêm đồ thị phụ tải hình 10.3. Hãy xác định xác suất thiếu hụt công suất J_{th} của nhà máy.

Giải: Từ đồ thị phụ tải ta xác định thời gian tương ứng của công suất phát ở các trạng thái t_i , từ đó xác định xác suất trạng thái $p_i(p_{F<P_{pi}})$ theo biểu thức (10.22), từ đó xác định xác suất thiếu hụt công suất theo biểu thức: $p_{thi} = p_i(p_{F<P_{pi}}) \cdot p_{Gi}$, kết quả ghi trong bảng 10.4.

Hình 10.3. Đồ thị phụ tải bài toán 10.4.



Bảng 10.4. Xác suất thiếu hụt công suất của nhà máy điện bài toán 10.4.

T.thái	P_i , MW	t_i , h	p_{Gi}	$p_i(p_{F<P_{pi}})$	$p_{thi} = p_i(p_{F<P_{pi}}) \cdot p_{Gi}$
1	60	0.000	0.9584	0.000	0.000
2	40	4555.000	0.0146	0.520	0.008
3	20	8760.000	0.027	1.000	0.027
4	0	8760.000	0.0004	1.000	0.0004
					$J_{th} = \sum p_{thi} = 0,035$

Bài 10.5. Nhà máy điện có 3 tổ máy phát công suất và xác suất hỏng hóc cho trong bảng 10.5, với biểu đồ phụ tải tương ứng cho trong bảng 10.6; Hãy xác định xác suất thiếu hụt công suất nguồn, công suất và điện năng thiếu hụt trong năm.

Bảng 10.5. Số liệu về các tổ máy phát điện

Tổ máy	P_n , MW	q	p
1	50	0,021	0,979
2	100	0,018	0,982
3	125	0,030	0,970

Bảng 10.6. Biểu đồ phụ tải của nhà máy điện

P, MW	275	225	175	150	125	100	50	0
t, h	0	4500	6300	7050	7950	8760	8760	8760

Giải : Số lượng trạng thái $M_n = 2^3 = 8$, biểu thị trong bảng 10.7.

Trạng thái 1: Tổng công suất phát ở trạng thái 1, khi cả 3 tổ máy làm việc tốt

$$P_F = 50 + 100 + 125 = 275 \text{ MW}$$

Xác suất giảm công suất vì sự cố chính là xác suất nhà máy điện nhận trạng thái 1

$$P_{G1} = P_{n1} = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 = 0,979 \cdot 0,982 \cdot 0,970 = 0,9325$$

Thời gian phụ tải đạt giá trị 275 là 0 giờ, vậy xác suất công suất phát nhỏ hơn phụ tải là

$$P_{1(P_F < P_n)} = \frac{t_1}{T} = \frac{0}{8760} = 0$$

Trạng thái 2: ta xác định được $P_F = 225$;

$$P_{G2} = q_1 \cdot p_2 \cdot p_3 = 0,021 \cdot 0,982 \cdot 0,97 = 0,02$$

Xác suất công suất phát nhỏ hơn phụ tải

$$P_{2<} = P_{2(P_F < P_n)} = \frac{t_2}{T} = \frac{4500}{8760} = 0,5137$$

Xác suất thiếu hụt công suất ở trạng thái 2 là

$$P_{th2} = P_{2<} \cdot P_{G2} = 0,5137 \cdot 0,02 = 0,0103$$

Công suất thiếu hụt

$$P_{th,2} = P_{th,2} \cdot P_{G,2} = 0,0103 \cdot 50 = 0,514 \text{ MW}$$

Tổng công suất thiếu hụt

$$P_{th} = \sum P_{th,i} = 4,925 \text{ kW}$$

Tính toán tương tự cho các trạng thái khác, kết quả ghi trong bảng 10.7.

Xác suất tích phân thiếu hụt

$$J_{th} = \sum p_{th,i} = 0,047$$

Năng lượng thiếu hụt

$$A_{th} = P_{th} \cdot T = 4,925 \cdot 8760 = 43140,941 \text{ MWh}$$

Bảng 10.7. Kết quả tính toán bài toán 10.5

Trạng thái	Tình trạng các tổ máy			P_i	P_G	$p_G = p_u$	t, h	p_c	p_{th}	P_{th}
1	1	1	1	275	0	0,9325	0	0,0000	0,0000	0,000
2	0	1	1	225	50	0,0200	4500	0,5137	0,0103	0,514
3	1	0	1	175	100	0,0171	6300	0,7192	0,0123	1,229
4	1	1	0	150	125	0,0288	7050	0,8048	0,0232	2,901
5	0	0	1	125	150	0,0004	7950	0,9075	0,0003	0,050
6	0	1	0	100	175	0,0006	8760	1,0000	0,0006	0,108
7	1	0	0	50	225	0,0005	8760	1,0000	0,0005	0,119
8	0	0	0	0	275	0,0000	8760	1,0000	0,0000	0,003
									0,047	4,925

Bài 10.6. Một xí nghiệp sản xuất vật liệu xây dựng có tổng vốn đầu tư là $V_{XN} = 4500 \cdot 10^6$ đồng. Vốn đầu tư của hệ thống điện cung cấp cho xí nghiệp là $V_m = 1250 \cdot 10^6$ đ. Hãy xác định thiệt hại do mất điện của nhà máy sản xuất vật liệu xây dựng, biết số lần mất điện trong năm là $n = 3$, thời gian mất điện trung bình của mỗi lần mất điện là $t = 0,5$ giờ, công suất cực đại của phụ tải $P_{max} = 6800 \text{ kW}$, xí nghiệp làm việc 2 ca, năng suất bình quân $N_0 = 32$ tấn /h, giá thành mỗi tấn sản phẩm là $g_0 = 750 \cdot 10^3$ đ/tấn, không có phế phẩm trong thời gian mất điện, hệ số sử dụng và khấu hao vốn đầu tư là $p = 0,165$.

Giải: Trước hết ta xác định chi phí quy đổi của xí nghiệp:

$$Z_{XN} = p \cdot V = 0,165 \cdot 4500 \cdot 10^6 = 742,5 \cdot 10^6 \text{ đ/năm.}$$

* **Thiệt hại do bị ứ đọng vốn đầu tư cố định :**

$$Y_1 = \frac{\chi_1 Z_{XN}}{8760} t_{ri} \cdot \chi_r = \frac{0,667 \cdot 742,5 \cdot 1,5 \cdot 1}{8760} 10^6 = 0,085 \cdot 10^6 \text{ đ.};$$

$$t_{ri} = n \cdot t_{th} = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ h};$$

χ_r - hệ số trùng hợp, đối với các xí nghiệp sản xuất hai ca $\chi_r = 0,667$;

χ_1 - hệ số tính đến sự phân bố không đều của sự cố theo thời gian, lấy bằng 1.

* *Thiệt hại kinh tế do sản phẩm không được sản xuất khi mất điện:*

$$Y_2 = (g_0 \cdot N_0 \cdot t_{th} - C) \cdot n \cdot \chi_1 + \alpha \cdot n \cdot Z_1 = (0,75 \cdot 32 \cdot 0,5 - 0) \cdot 3 \cdot 0,667 + 0 = 24,012 \cdot 10^6 \text{ đ/năm};$$

Chi phí quy đổi của hệ thống điện: $Z_{th} = p \cdot V_{th} = 0,165 \cdot 1250 \cdot 10^6 = 206,25 \cdot 10^6 \text{ đ./năm};$

Điện năng thiếu hụt: $A_{th} = P_M \cdot n \cdot t_{th} = 2800 \cdot 3 \cdot 0,5 = 10200 \text{ kWh.}$

* *Thiệt hại hệ thống:*

$$Y_3 = \frac{Z_{ht}}{T_M P_{th}} A_{th} = \frac{206,25}{4580 \cdot 6800} \cdot 10200 \cdot 10^6 = 0,068 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

Tổng thiệt hại do mất điện của xí nghiệp:

$$Y_{\Sigma} = Y_1 + Y_2 + Y_3 = 0,085 + 24,012 + 0,068 \cdot 10^6 = 24,164 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

Bài 10.7. Hãy xác định các điểm đặt cơ cấu phân đoạn đường dây trong mạng điện phân phối 10 kV sơ đồ cho trên hình vẽ 10.4, số liệu cho trên các đoạn dây tính bằng km, công suất đặt của các trạm tiêu thụ và hệ số mang tải trung bình và hệ số $\cos\varphi$ cho trong bảng 10.8. sau

Bảng 10.8. Các tham số của mạng điện bài toán 10.7

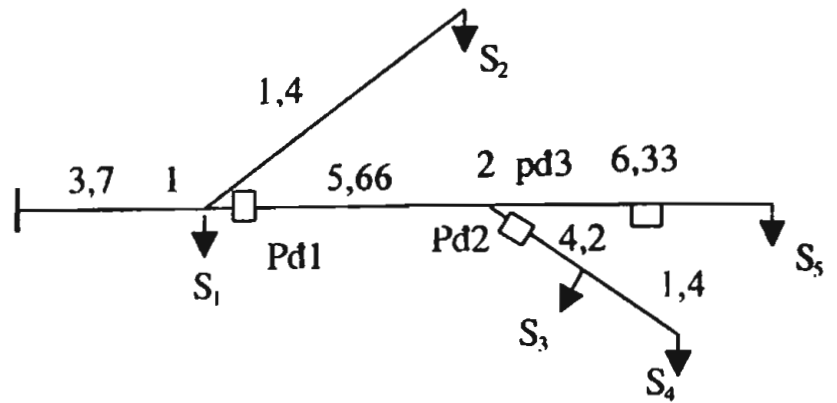
Trạm	1	2	3	4	5
S kVA	250	320	180	250	560
$\cos\varphi$	0,84	0,82	0,83	0,8	0,81
k_m	0,56	0,67	0,72	0,68	0,78
P	210,000	262,400	149,400	200,000	453,600

Suất thiệt hại do mất điện $y_0 = 3500 \text{ đ/kWh.}$

Giải: Trước hết ta thử đặt 1 cơ cấu phân đoạn loại BMHA 10/60 đặt sau điểm 1. Hiệu quả phân đoạn được xác định $E = P_1 \cdot t_{th} \cdot y_0$.

Công suất tác dụng trên các đoạn dây được xác định: $P_1 = S_1 \cdot \cos\varphi_1 = 320 \cdot 0,84 = 210 \text{ kW}$, tính toán tương tự cho các điểm tải khác, kết quả ghi trong bảng

Hình 10.4. Sơ đồ mạng phân phối bài toán 10.7.



Xác định phụ tải trên đoạn đầu

$$k_{sd\Sigma} = \frac{\sum P_i k_{sdi}}{\sum P_i} = \frac{210 \cdot 0,56 + 262,4 \cdot 0,67}{210 + 262,4} = 0,621$$

$$k_{nc} = k_{sd\Sigma} + \frac{1 - k_{sd\Sigma}}{\sqrt{n}} = 0,621 + \frac{1 - 0,621}{\sqrt{2}} = 0,889$$

$$P_I = k_{nc} \sum P_i = 0,889 \cdot (210 + 262,4) = 419,97$$

$$t_{II} = \alpha \sum l = 0,10 \cdot (5,66 + 6,33 + 4,2 + 1,4) = 1,97 \text{ h}$$

$$E = 419,97 \cdot 1,97 \cdot 3500 = 2895,87 \cdot 10^3 \text{ đ}$$

Chi phí quy đổi của cơ cấu phân đoạn có thể tra trong phụ lục, một số cơ cấu phân đoạn có thể tìm thấy trong bảng 16.pl.BT.

Hiệu quả kinh tế của cơ cấu phân đoạn

$$E_{kt} = E - z_{pd} = 2895,87 \cdot 10^3 - 1555 \cdot 10^3 = 1340,87 \cdot 10^3 \text{ đ.}$$

Ta thấy $E_{kt} > 0$ tức là việc đặt cơ cấu phân đoạn cho phép giảm thiệt hại do mất điện mang lại hiệu quả kinh tế.

Tiếp theo ta cần chọn một điểm đặt khác tại nhánh rẽ của điểm nút 2:

Xét hiệu quả phân đoạn của cơ cấu thứ hai

$$E_2 = P_{II} \cdot t_{III} \cdot y_0 = 453,6 \cdot 0,607 \cdot 3500 = 964 \cdot 10^3 \text{ đ.}$$

$$P_{II} = P_5 = 453,6 \text{ kW}; \quad t_{III} = 0,11 (4,2 + 1,4) = 0,607 \text{ h;}$$

Hiệu quả kinh tế khi có 2 cơ cấu phân đoạn,:

$$E_{kt2} = E_1 + E_2 - 2 \cdot Z_{pd} = (2895,87 + 964) \cdot 10^3 - 2 \cdot 1555 \cdot 10^3 = 749,86 \cdot 10^3 \text{ đ.}$$

Như vậy $E_{kt2} > 0$, tức là việc đặt 2 cơ cấu phân đoạn sẽ đem lại hiệu quả kinh tế

Đặt cơ cấu phân đoạn thứ ba sau điểm nút 2

Xác định hiệu quả phân đoạn của cơ cấu thứ ba

Xét hiệu quả phân đoạn của cơ cấu thứ hai.

$$E_3 = P_{III} \cdot t_{IV} \cdot y_0 = 318,4 \cdot 0,74 \cdot 3500 = 825 \cdot 10^3 \text{ đ.}$$

$$k_{sd\Sigma} = \frac{\sum P_i k_{sdi}}{\sum P_i} = \frac{149,4 \cdot 0,72 + 200 \cdot 0,68}{149,4 + 200} = 0,697$$

$$k_{nc} = k_{sd\Sigma} + \frac{1 - k_{sd\Sigma}}{\sqrt{n}} = 0,697 + \frac{1 - 0,697}{\sqrt{2}} = 0,911$$

$$P_{III} = k_{nc}(P_3 + P_4) = 0,911(149,4 + 200) = 318,4 \text{ kW}; \quad t_{III} = 0,11(6,73) = 0,74 \text{ h}$$

Hiệu quả kinh tế khi có 2 cơ cấu phân đoạn,:

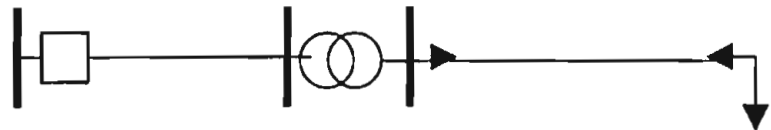
$$E_{kt3} = E_1 + E_2 + E_3 - 3 \cdot Z_{pd} = (2895,87 + 964 + 825) \cdot 10^3 - 3 \cdot 1555 \cdot 10^3 = 19,86 \cdot 10^3 \text{ đ.}$$

Như vậy $E_{kt3} > 0$, tức là việc đặt 3 cơ cấu phân đoạn sẽ đem lại hiệu quả kinh tế, tuy nhiên mức hiệu quả không lớn lắm

3. BÀI TẬP

10.1. Xác định các chỉ tiêu ĐTCCCD cho mạng điện phân phối từ thanh cái trạm biến áp trung gian đến đầu vào của hộ dùng điện theo sơ đồ hình 10.5 gồm: thanh cái trạm trung gian, máy cắt lộ ra, 6,8 km đường dây 10 kV, máy biến áp tiêu thụ, thanh cái trạm tiêu thụ và 0,82 km đường cáp hạ áp. Công suất tính toán của hộ dùng điện là $P = 115 \text{ kW}$.

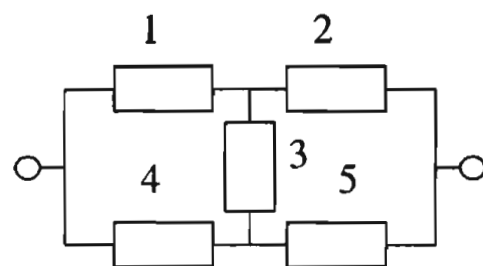
Hình 10.5. Sơ đồ mạng phân phối bài tập 10.1.



10.2. Xác định xác suất tin cậy của sơ đồ cầu (hình 10.6) với xác suất tin cậy của các phần tử cho trong bảng sau

p.tử	1	2	3	4	5
p	0,724	0,685	0,773	0,568	0,776

Hình 10.6. Sơ đồ mạng phân phối bài tập 10.2.



10.3. Có hai tổ máy phát, tổ máy 1 có công suất $P_1 = 50$ MW và xác suất hỏng hóc là $q_1 = 0,022$; tổ máy 2 có công suất $P_2 = 75$ MW với xác suất hỏng hóc $q_2 = 0,028$. Hãy xác định xác suất giảm công suất vì sự cố của nhà máy điện.

10.4. Với số liệu như bài 3, biết thêm đồ thị phụ tải bảng sau. Hãy xác định xác suất thiếu hụt công suất p_{th} của nhà máy.

Công suất, MW	125	75	50
t, h	0	5560	7850

10.5. Nhà máy điện có 3 tổ máy phát công suất và xác suất hỏng hóc cho trong bảng 10.9 với biểu đồ phụ tải tương ứng cho trong bảng 10.10; Hãy xác định xác suất thiếu hụt công suất nguồn, công suất và điện năng thiếu hụt trong năm.

Bảng 10.9. Số liệu về các tổ máy phát điện bài tập 10.5

Tổ máy	P_n , MW	q	p
1	60	0,019	0,981
2	150	0,021	0,979
3	300	0,032	0,968

Bảng 10.10. Biểu đồ phụ tải của nhà máy điện

P, MW	510	450	360	300	210	150	60	0
t, h	0	4500	5600	6300	7400	8760	8760	8760

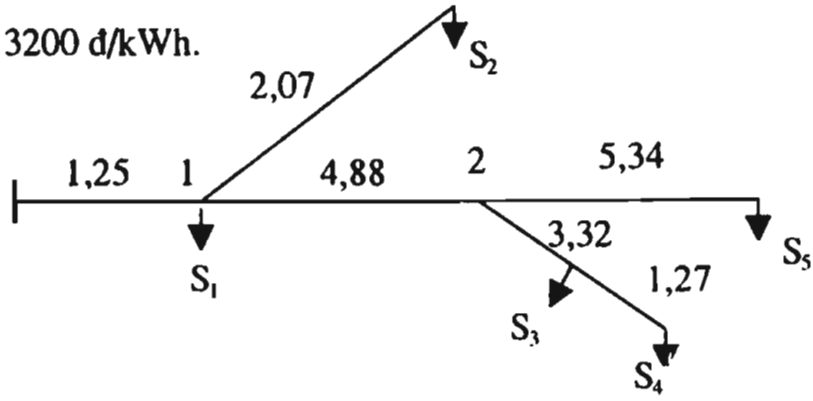
10.6. Một xí nghiệp sản xuất vật liệu xây dựng có tổng vốn đầu tư là $V_{xN} = 2600 \cdot 10^6$ đồng. Vốn đầu tư của hệ thống điện cung cấp cho xí nghiệp là $V_{ht} = 860 \cdot 10^6$ đ. Hãy xác định thiệt hại do mất điện của nhà máy sản xuất thiết bị, biết số lần mất điện trong năm là $n = 5$, thời gian mất điện trung bình của mỗi lần mất điện là $t = 1,2$ giờ, công suất cực đại của phụ tải $P_{max} = 4500$ kW, xí nghiệp làm việc 3 ca, năng suất bình quân $N_0 = 15$ đvsp /h, giá thành mỗi đơn vị sản phẩm là $g_0 = 223 \cdot 10^3$ đồng, không có phế phẩm trong thời gian mất điện, hệ số sử dụng và khấu hao vốn đầu tư là $p = 0,165$.

10.7. Hãy xác định các điểm đặt cơ cấu phân đoạn đường dây trong mạng điện phân phối 10 kV sơ đồ cho trên hình 10.7, số liệu cho trên các đoạn dây tính bằng km, công suất đặt của các trạm tiêu thụ và hệ số mang tải trung bình và hệ số $\cos\phi$ cho trong bảng 10.11. sau

Bảng 10.11. Các tham số của mạng điện bài tập 10.7

Trạm	1	2	3	4	5
S kVA	180	250	250	400	320
cosφ	0.8	0.82	0.81	0.84	0.81
k_{m1}	0.67	0.58	0.72	0.74	0.63

Suất thiệt hại do mất điện $y_0 = 3200$ d/kWh.



Hình 10.7. Sơ đồ mạng phân phối bài tập 10.7.

Chương 11

CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC KINH TẾ CỦA MẠNG ĐIỆN

1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1.1. Xác định hao tổn công suất trong mạng điện

1.1.1. Trường hợp đối với đường dây đơn giản

$$\Delta P = \frac{\sqrt{3} \cdot \Delta U \% \cdot U I_M \cdot 10^{-2}}{k_s}, \text{ kW}, \quad (11.1)$$

trong đó: $\Delta U\%$ - hao tổn điện áp tại điểm cuối của đường dây;

I_M - dòng điện cực đại ở đầu đường dây;

U - điện áp của đường dây;

k_s - hệ số hình dạng của đường dây :

$$k_s = \cos\varphi + \frac{x_0}{r_0} \sin\varphi; \quad (11.2)$$

r_0, x_0 - điện trở của 1 km đường dây;

$\cos\varphi$ - hệ số công suất của phụ tải.

1.1.2. Trường hợp đối với mạng điện phân nhánh

Tổng hao tổn công suất trong toàn mạng sẽ là:

$$\Delta P_\Sigma = k_p U \cdot I_M \Delta U_\Sigma \% 10^{-2}, \text{ kW}; \quad (11.3)$$

$$k_p = \frac{\sqrt{3} \cdot \psi}{\sqrt{2} \cdot k_s};$$

trong đó: I_M - dòng điện cực đại chạy trên đầu lộ ra, A;

ψ - hệ số phân nhánh đường dây.

1.2. Phương pháp xác định tổn thất điện năng ΔA

1.2.1. Theo đồ thị phụ tải

$$\Delta A = \frac{R}{U_n^2} \sum_{i=1}^n S_i^2 \cdot \Delta t_i, \text{ kWh}, \quad (11.6)$$

trong đó: S_i – công suất tác động trong khoảng thời gian Δt_i ;

R - điện trở đẳng trị của mạng điện;

n – số bậc thang của đồ thị phụ tải.

1.2.2. Xác định ΔA theo dòng điện cực đại

$$\Delta A = 3I_M^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \tau, \quad (11.7)$$

trong đó: I_M - dòng điện cực đại trong mạng, A;

τ - thời gian hao tổn cực đại, h.

* Công thức thực nghiệm Kenzevits:

$$\tau = (0,124 + T_M \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760, \text{ h}; \quad (11.8)$$

T_M - thời gian sử dụng công suất cực đại, h;

* Công thức gần đúng

$$\tau = 0,13T_M + 0,87 \frac{T_M^2}{T} \quad (11.9)$$

1.2.3. Xác định ΔA theo phần trăm hao tổn công suất cực đại $\Delta P\%$

$$\Delta A\% = \frac{1}{3} \Delta P_{M\%} + \frac{2}{3} \Delta P_{M\%} \cdot k_{nu}, \%; \quad (11.10)$$

$$\Delta A = \Delta A\% \cdot A,$$

A - điện năng tiêu thụ trong khoảng thời gian xét.

1.2.4. Xác định ΔA theo các đặc tính xác suất của phụ tải

* Tổng thất trên đường dây:

$$\Delta A_r = 3 \cdot I_{th}^2 \cdot (1 + k_v^2) R_{dl} \cdot T \cdot 10^{-3}, \text{ kWh}; \quad (11.11)$$

trong đó: I_{th} - giá trị trung bình của dòng điện trong khoảng thời gian xét;

k_v – hệ số biến động của phụ tải;

R_{dt} - điện trở đẳng trị của mạng điện, Ω .

$$I_{lb} = \frac{A_r}{\sqrt{3} \cdot T \cdot U_{lb} \cdot \cos \varphi}, \quad (11.12)$$

trong đó: A_r - điện năng tác dụng, xác định theo chỉ số của các công tơ đầu nguồn, kWh;

U_{lb} - điện áp trung bình của mạng điện, kV;

T - thời gian khảo sát, h.

Hệ số biến động $k_v = \frac{\sigma}{I_{lb}} = \frac{I_M - I_{lb}}{3I_{lb}}$ (11.13)

I_M - giá trị dòng điện cực đại trên đầu lộ ra.

Điện trở đẳng trị của đường dây được xác định theo biểu thức

$$R_{dt} = \frac{\Delta P_M 10^3}{3I_M^2} \quad (11.14)$$

ΔP_M - hao tổn công suất cực đại trong mạng điện.

** Tổn thất trong các máy biến áp*

a. Tổn thất trong cuộn dây

$$\Delta A_{cu} = 3 I_{lb,BA}^2 (1 + k_v^2) \cdot R_{dtb} \cdot T \cdot 10^{-3}, \text{ kWh}; \quad (11.15)$$

$$I_{lb,BA} = \frac{A_{r2}}{\sqrt{3} \cdot T \cdot U_{lb2} \cdot \cos \varphi}, \quad (11.16)$$

trong đó:

A_{r2}, A_{x2} - điện năng tác dụng và phản kháng ở cuối mạng đẳng trị:

$$A_{r2} = A_r - \Delta A_r;$$

U_{lb2} - điện áp trung bình ở cuối đường dây, kV.

Điện trở đẳng trị của các máy biến áp là:

$$R_{dtb} = \frac{U_n^2 \sum_{i=1}^m \Delta P_{ki} 10^3}{\left(\sum_{i=1}^m S_{ni} \right)^2}, \quad (11.17)$$

trong đó: U_n - điện áp định mức của các máy biến áp, kV;

S_{ni} - công suất định mức của điện áp thứ i , kVA;

ΔP_{ki} - hao tổn ngắn mạch của biến áp i ;

m - số lượng máy biến áp tiêu thụ.

b. Thành phần tổn thất trong lõi thép

$$\Delta A_{Fc} = \frac{U_{tb2}^2}{U_n^2} T \sum_{i=1}^m \Delta P_{0i} \text{ kWh} , \quad (11.18)$$

ΔP_{0i} - hao tổn không tải của biến áp thứ i .

Tổng tổn thất điện năng trong máy biến áp

$$\Delta A_{\Sigma} = \Delta A_{cu} + \Delta A_{Fc} \quad (11.19)$$

1.3. Biện pháp cải thiện chế độ làm việc kinh tế của hệ thống điện

1.3.1. Chế độ làm việc kinh tế của trạm biến áp

Công suất giới hạn của các chế độ làm việc

$$S_{gh} = \sqrt{\frac{\sum \Delta P_{cb} - \sum \Delta P_{ca}}{\sum \Delta P_{va} - \sum \Delta P_{vb}}} \sqrt{\frac{(\sum S_a)^2 - (\sum S_b)^2}{}} \quad (11.20)$$

S_a ; S_b – công suất định mức ở các chế độ a và b

ΔP_c ; ΔP_v – hao tổn công suất cố định và thay đổi;

$$k = \frac{\Delta P_v}{\Delta P_c} \quad (11.21)$$

Trong trường hợp $k = \text{const}$ đối với tất cả các biến áp thì

$$S_{gh} = \sqrt{\frac{S_a^2 + S_b^2}{k}} \quad (11.22)$$

Nếu công suất của tất cả các máy biến áp bằng nhau và bằng S_n thì công suất giới hạn chuyển từ chế độ n máy sang chế độ $n+1$ máy được xác định

$$S_{gh} = S_n \sqrt{\frac{n(n+1)}{k}} \quad (11.23)$$

1.3.2. Nâng cao hệ số $\cos \varphi$

a. Giá trị trung bình của hệ số công suất

$$\cos\varphi_{tb} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{A_x}{A_r}\right)^2}} \quad (11.24)$$

hoặc

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{3}UI} \quad (11.25)$$

A_r, A_x - điện năng tác dụng và phản kháng trên thanh cái trạm biến áp tiêu thụ;

P - công suất tiêu thụ trung bình;

U, I - điện áp và dòng điện trung bình.

b. Dung lượng bù hệ số công suất từ $\cos\varphi_1$ lên $\cos\varphi_2$

$$Q_b = P(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2), \text{ kVAr}; \quad (11.26)$$

P - công suất tác dụng của phụ tải, kW.

1.4. Điều hòa công suất phản kháng trong hệ thống điện

1.4.1. Dung lượng kinh tế bù công suất phản kháng

$$k_{dl} \approx \frac{2QR}{U^2}, \quad (11.27)$$

trong đó: Q - công suất phản kháng trong mạng;

R - điện trở tính từ nguồn đến nơi đặt tụ bù;

U - điện áp của mạng.

1.4.2. Chọn dung lượng và vị trí đặt bù tối ưu

a. Trường hợp có một điểm tải

$$Q_b = Q - \frac{U^2(pv_b + \Delta P_b t.c_\Delta)}{2Rt.c_\Delta}, \quad (11.28)$$

trong đó: p - hệ số sử dụng hiệu quả và khấu hao vốn đầu tư;

v_b - suất vốn đầu tư của thiết bị bù;

ΔP_b - suất chi phí công suất tác dụng trong thiết bị bù;

c_Δ - giá thành tổn thất điện năng;

t - thời gian làm việc của thiết bị bù.

b. Trường hợp có nhiều điểm bù

Nếu trong mạng điện có nhiều điểm cân bù, thì hàm mục tiêu cũng được thiết lập tương tự như trên nhưng ta thay $Q = \sum Q_i$ và $Q_b = \sum Q_{bi}$

$$Z_1 = p v_b (Q_{b1} + Q_{b2} + Q_{b3})$$

$$Z_2 = \Delta P_b (Q_{b1} + Q_{b2} + Q_{b3}) t c_{\Delta}$$

$$Z_3 = \frac{\tau \cdot c_{\Delta}}{U^2} [(Q_1 + Q_2 + Q_3 - Q_{b1} - Q_{b2} - Q_{b3})^2 R_1 + (Q_2 + Q_3 - Q_{b2} - Q_{b3})^2 R_2 + (Q_3 - Q_{b3})^2 R_3]$$

Lấy đạo hàm riêng của Z theo Q_{bi} và cho triệt tiêu, ta sẽ được 3 phương trình

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{b1}} = 0; \quad \frac{\partial Z}{\partial Q_{b2}} = 0; \quad \frac{\partial Z}{\partial Q_{b3}} = 0;$$

Nếu tại điểm bù nào có nghiệm $Q_{bi} < 0$ thì có nghĩa là việc đặt cơ cấu bù ở đó sẽ không đem lại hiệu quả kinh tế.

c. Trường hợp mạng điện kín

$$Q_{01} = \frac{(Q_1 - Q_{b1})(R_2 + R_3) + (Q_2 - Q_{b2})R_2}{R_1 + R_2 + R_3}; \quad (11.29)$$

$$Q_{02} = \frac{(Q_2 - Q_{b2})(R_1 + R_3) + (Q_1 - Q_{b1})R_1}{R_1 + R_2 + R_3};$$

$$Q_{12} = Q_{01} - Q_1 + Q_{b1}.$$

d. Trường hợp mạng điện hình tia

$$Q_{bi} = Q_i - (Q - Q_b) \frac{R_{td}}{R_i}; \quad (11.30)$$

R_{td} - điện trở tương đương của mạng điện song song

$$\frac{1}{R_{td}} = \sum \frac{1}{R_i}$$

R_i - điện trở của nhánh thứ i ;

$Q = \sum Q_i$ - tổng công suất phản kháng trong mạng điện;

$Q_b = \sum Q_{bi}$ - tổng công suất phản kháng cân bù;

e. Điểm đặt tụ tại trạm biến áp tiêu thụ

Như vậy hiệu quả kinh tế của việc đặt cơ cấu bù tại phía hạ áp là

$$\Delta K = \Delta Z_A - \Delta Z_K;$$

$$\Delta K = \frac{R_{ba} \tau_c \Delta}{U^2} [Q^2 - (Q - Q_b)^2] - E_n (v_h - v_c) Q_b; \quad (11.31)$$

v_c, v_h – suất vốn đầu tư của thiết bị bù phía cao và hạ áp.

1.5. Phân bố công suất tối ưu trong hệ thống điện

1.5.1. Phân bố tối ưu công suất tác dụng giữa các tổ máy phát

$$b_1 = b_2 = \dots = b_n \quad (11.32)$$

b_i – suất tăng chi phí của tổ máy phát thứ i

$$b = \frac{\partial Z}{\partial P}$$

$Z = f(P)$ – hàm phụ thuộc giữa chi phí và công suất.

Đối với các nhà máy điện sử dụng các loại nhiên liệu khác nhau thì điều kiện phân bố tối ưu là:

$$b_1 g_1 = b_2 g_2 = \dots = b_n g_n, \quad (11.33)$$

trong đó: g_i - giá tiền một đơn vị nhiên liệu.

1.5.2. Phân bố tối ưu công suất tác dụng giữa các nhà máy điện

a. Trong trường hợp bỏ qua tổn thất trong mạng

$$b = \text{const.}$$

b. Trường hợp có tính đến tổn thất

$$\frac{b_i}{1 - \sigma_{pi}} = \text{const} \quad (11.34)$$

σ_{pi} - suất tăng tổn thất tác dụng của tổ máy phát thứ i .

Nếu tính đến sự khác nhau của giá thành nhiên liệu thì điều kiện này là:

$$\frac{g_i b_i}{1 - \sigma_{pi}} = \text{const} \quad (11.35)$$

2. Bài giải mẫu

Bài 11.1. Trên thanh cái của lộ tổng đường dây 10 kV dài làm bằng dây AC-120 người ta đo được dòng điện ở thời điểm phụ tải cực đại là $I_M = 8,45$ A, điện áp ở đầu và cuối

đường dây tương ứng là 10,5 và 9,86 kV. Hãy xác định hao tổn công suất trên đường dây này.

Giải: Trước hết ta xác định hao tổn điện áp trên đường dây:

$$\Delta U\% = \frac{U_d - U_c}{U_n} \cdot 100 = \frac{10,5 - 9,86}{10} \cdot 100 = 6,4\%$$

ứng với dây dẫn AC-120 ta có $r_0 = 0,27$ và $x_0 = 0,363 \Omega/\text{km}$.

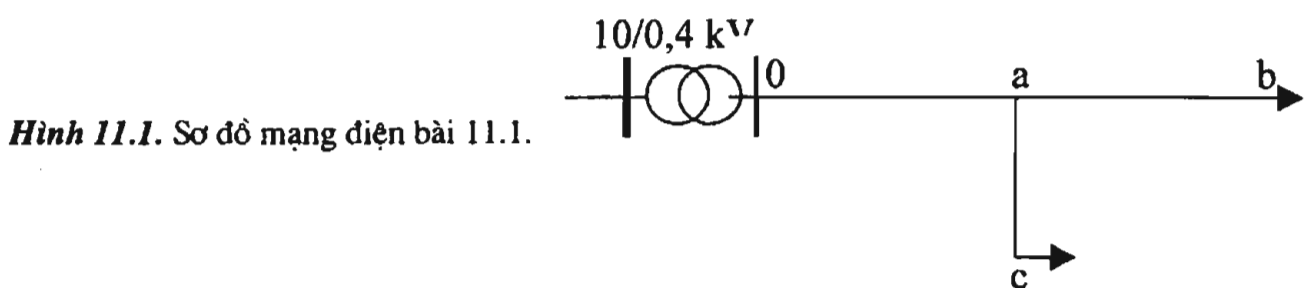
Hệ số k_s được xác định theo biểu thức:

$$k_s = \cos\varphi + \frac{x_0}{r_0} \sin\varphi = 0,82 + \frac{0,363}{0,27} \cdot 0,572 = 1,59$$

Hao tổn công suất

$$\Delta P = \frac{\sqrt{3} \cdot \Delta U\% \cdot UI \cdot 10^{-2}}{k_s} = \frac{\sqrt{3} \cdot 6,4 \cdot 10 \cdot 8,45}{1,59} = 6,187 \text{ kW}$$

Bài 11.2. Một đường dây hạ áp 380 V có phân nhánh gồm một đường trục bằng dây A-70 dài 440 m và một nhánh rẽ bằng dây A-50 dài 230 m. Hãy xác định hao tổn công suất, biết số liệu đo đếm tại lộ ra một trạm biến áp như sau: điện năng tiêu thụ trong một ngày đêm ($T = 24\text{h}$) là $A_r = 4280\text{kWh}$, dòng điện lớn nhất tại đầu lộ ra $I_M = 412,50 \text{ A}$; Điện áp ở chế độ phụ tải cực đại tại đầu lộ $U_d = 374 \text{ V}$ và tại cuối lộ là $U_c = 340 \text{ V}$, hệ số công suất $\cos\varphi = 0,84$.



Giải: Ứng với mã hiệu dây dẫn tra bảng 17.pl [1] ta tìm được

Loại dây	A-70	A-50
$r_0, \Omega/\text{km}$	0,46	0,64
x_0	0,31	0,32

Hao tổn điện áp trên đường trục

$$\Delta U\% = \frac{(U_d - U_c)}{U_n} 100 = \frac{(374 - 340)}{380} 100 = 8,95\%$$

Xác định suất điện trở trung bình:

$$r_0 = \frac{\sum r_{0i} \cdot l_i}{\sum l_i} = \frac{(0,46 \cdot 440 + 0,64 \cdot 230)}{(440 + 230)} = 0,522, \Omega/\text{km}$$

$$x_0 = \frac{\sum x_{0i} \cdot l_i}{\sum l_i} = \frac{(0,31 \cdot 440 + 0,32 \cdot 230)}{(440 + 230)} = 0,313 \Omega/\text{km}$$

Hệ số k_s được xác định theo biểu thức:

$$k_s = \cos\varphi + \frac{x_0}{r_0} \sin\varphi = 0,84 + \frac{0,313}{0,522} \cdot 0,542 = 1,166$$

Xác định hệ số hình dạng k_f : lộ ra cung cấp điện cho một phân tử tổng diện tích của khu vực thuộc bán kính hoạt động của trạm biến áp nên hệ số hình dạng lưới điện $k_f = \Psi/4$;

Ψ - Hệ số phân nhánh, phụ thuộc vào cấu trúc lưới điện và mật độ phân bố phụ tải hệ số $\Psi = 3,32 \div 3,82$ ta chọn $\Psi = 3,5$, vậy $k_f = 3,5/4 = 0,87$.

Hệ số k_p được xác định theo công thức:

$$k_p = \frac{\sqrt{3} \cdot k_f}{\sqrt{2} \cdot k_s} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,87}{\sqrt{2} \cdot 1,166} = 0,914$$

Tổn thất công suất được xác định theo biểu thức:

$$\Delta P_\Sigma = k_p U \cdot I_M \Delta U_\Sigma\% 10^{-2} = 0,914 \cdot 0,38 \cdot 412,5 \cdot 8,95 \cdot 10^{-2} = 12,817 \text{ kW}$$

Bài 11.3. Cũng với các dữ kiện như bài 2, hãy xác định tổn thất điện năng theo 3 phương pháp thông dụng:

- phương pháp đặc tính xác suất của phụ tải;
- phương pháp dòng điện cực đại;
- phương pháp phần trăm hao tổn công suất cực đại.

So sánh kết quả tính toán giữa các phương pháp.

Giải:

a. Theo phương pháp đặc tính xác suất của phụ tải

Giá trị ΔP_M được xác định như bài 1 $\Delta P_M = 12,817 \text{ kW}$

Điện năng phản kháng được xác định theo công thức sau:

$$A_x = A_r \cdot \text{tg}\varphi = 4280 \cdot 0,646 = 2764,6 \text{ kVArh}$$

+ Kỳ vọng toán hay giá trị trung bình của dòng điện được xác định theo công thức:

$$I_{\text{tb}} = \sqrt{\frac{A_r^2 + A_x^2}{3 \cdot U^2 \cdot T^2}} = \sqrt{\frac{4280^2 + 2764,6^2}{3 \cdot 0,38^2 \cdot 24^2}} = 322,56 \text{ A}$$

+ Hệ số biến động k_v được xác định theo công thức:

$$k_v = \frac{I_M - I_{\text{tb}}}{3 \cdot I_{\text{tb}}} = \frac{412,5 - 322,56}{3 \cdot 322,56} = 0,093$$

Điện trở đẳng trị xác định theo biểu thức

$$R_{\text{dt}} = \frac{\Delta P_M \cdot 10^3}{3 I_M^2} = \frac{12,817 \cdot 10^3}{3 \cdot 412,5^2} = 0,025 \Omega$$

Hao tổn điện năng của mạng điện được xác định theo công thức

$$\Delta A_r = 3 \cdot I_{\text{tb}}^2 (1 + k_v^2) R_{\text{dt}} \cdot T \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 322,56^2 \cdot (1 + 0,093^2) \cdot 0,025 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 189,72 \text{ kWh}$$

$$\Delta A_r \% = \frac{\Delta A_r \cdot 100}{A_r} = \frac{189,72}{4280} \cdot 100 = 4,43 \%$$

b. Phương pháp dòng điện cực đại

Trước hết cần xác định thời gian sử dụng công suất cực đại T_M .

$$T_M = \frac{I_{\text{tb}} \cdot T}{I_M} = \frac{322,56 \cdot 24}{412,5} = 18,77 \text{ h}$$

Thời gian hao tổn cực đại có thể xác định theo biểu thức:

$$\tau = 0,13 T_M + 0,87 \frac{T_M^2}{T} = 0,13 \cdot 18,77 + 0,87 \cdot \frac{18,77^2}{24} = 15,21 \text{ h};$$

Tổn thất điện năng: $\Delta A_r = \Delta P_M \cdot \tau = 12,817 \cdot 15,21 = 194,91 \text{ kWh};$

$$\Delta A_r \% = \frac{\Delta A_r \cdot 100}{A_r} = \frac{194,91}{4280} \cdot 100 = 4,55 \%$$

c. Phương pháp phân trăm hao tổn công suất cực đại

Hao tổn công suất cực đại biểu thị dưới dạng phần trăm

$$\Delta P_M \% = \frac{\Delta P_M \cdot 100}{P} = \frac{12,817 \cdot 100}{228,1} = 5,71 \%$$

Giá trị công suất cực đại: $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_M = \sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 412,5 \cdot 10^3 = 228,1 \text{ kW}$

$$\Delta A\% = \frac{1}{3} \Delta P_{M\%} + \frac{2}{3} \Delta P_{M\%} \cdot k_{mi} = \frac{1}{3} 4,55 + \frac{2}{3} \cdot 4,55 \cdot \frac{\Delta P_M \cdot 100}{P} = 4,88\%$$

Tổn thất điện năng: $\Delta A = \Delta A\% \cdot A / 100 = 4,88 \cdot 4280 / 100 = 208,88 \text{ kWh}$.

Nhận xét: So sánh kết quả tính toán theo phương pháp thứ nhất và phương pháp thứ hai

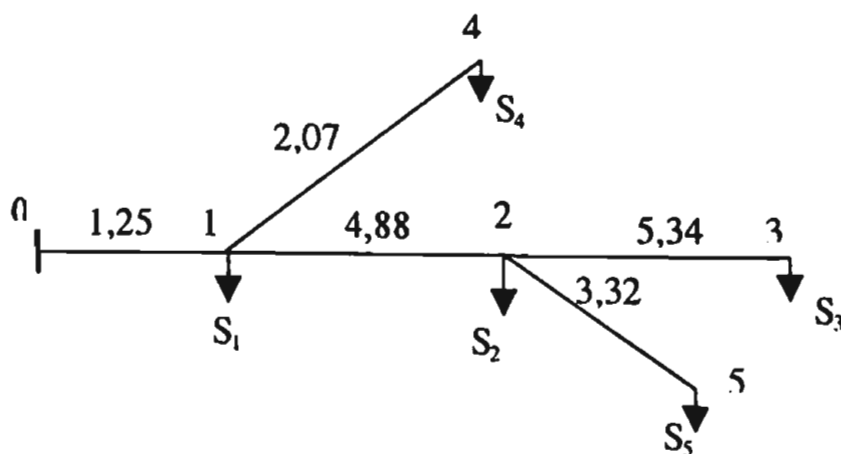
$$s = \frac{\Delta A_2 - \Delta A_1}{\Delta A_1} \cdot 100 = \frac{194,91 - 189,72}{189,72} \cdot 100 = 2,74 \%$$

Như vậy có thể nhận thấy mức độ sai số giữa các phương pháp là không đáng kể, tuy nhiên trong số các phương pháp xác định tổn thất điện năng, phương pháp tính theo các đặc tính xác suất của phụ tải có độ chính xác cao hơn do có xét tới các đặc tính ngẫu nhiên của quá trình sử dụng điện.

Bài 11.4. Hãy xác định tổn thất điện năng trong mạng điện phân phối 10 kV với sơ đồ cho trên hình vẽ, chỉ số công tơ cho biết tổng điện năng tiêu thụ trong 24 giờ là $A = 22375 \text{ kWh}$; hệ số công suất $\cos\varphi = 0,817$; giá trị dòng điện cực đại đo trên đầu lộ tổng là $I_M = 72,79 \text{ A}$; giá trị điện áp trên thanh cái trạm biến áp là $U_1 = 10 \text{ kV}$ và ở cuối đường trục là $U_2 = 9,5 \text{ kV}$; các giá trị cho trên đường dây là chiều dài tính bằng km, các trạm biến áp tiêu thụ đặt tại các điểm tải với máy biến áp TM, công suất định mức và hệ số $\cos\varphi$ và hệ số mang tải k_{mi} cho trong bảng 11.1.

Bảng 11.1. Các tham số của mạng điện bài toán 11.4

Trạm	1	2	3	4	5
S, kVA	100	320	180	100	560
k_{mi}	0,56	0,67	0,72	0,68	0,78
Đoạn	0-1	1-2	2-3	1-4	2-5
Dây dẫn	AC-120	AC-95	AC-50	AC-50	AC-50
l , km	1,25	4,88	5,34	2,07	3,32



Hình 11.2. Sơ đồ mạng điện phân phối bài toán 11.4.

Giải: Tra bảng xác định các tham số của các phân tử mạng điện

Máy biến áp	TM.100/10	TM.180/10	TM.320/10	TM.560/10
S_n , kVA	100	180	320	560
ΔP_k , kW	2,4	4,1	6,2	9,4
ΔP_0 , kW	0,73	1,2	1,9	2,5
Dây dẫn	AC50	AC-95	AC-120	
r_0 , Ω/km	0,64	0,34	0,27	
x_0 , Ω/km	0,392	0,37	0,363	

Hao tổn điện áp trên đường trục

$$\Delta U\% = \frac{(U_d - U_c)}{U_n} 100 = \frac{(10 - 9,5)}{10} 100 = 5\%$$

Xác định suất điện trở trung bình:

$$r_0 = \frac{\sum r_{0i} J_i}{\sum J_i} = 0,526 \Omega/\text{km}$$

$$x_0 = \frac{\sum x_{0i} J_i}{\sum J_i} = 0,383 \Omega/\text{km}$$

Hệ số k_s được xác định theo biểu thức:

$$k_s = \cos\varphi_{tb} + \frac{x_0}{r_0} \sin\varphi_{tb} = 0,817 + \frac{0,383}{0,526} \cdot 0,576 = 1,238$$

Xác định hệ số hình dạng k_f : lộ ra cung cấp điện cho một phân tử tổng diện tích của khu vực thuộc bán kính hoạt động của trạm biến áp nên hệ số hình dạng lưới điện $k_f = \Psi/4$;

Ψ - Hệ số phân nhánh, phụ thuộc vào cấu trúc lưới điện và mật độ phân bố phụ tải hệ số $\Psi = 3,32 \div 3,82$ ta chọn $\Psi = 3,5$, vậy $k_f = 3,5/4 = 0,87$.

Hệ số k_p được xác định theo công thức:

$$k_p = \frac{\sqrt{3} \cdot k_f}{\sqrt{2} \cdot k_s} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,87}{\sqrt{2} \cdot 1,238} = 0,861$$

Hao tổn công suất được xác định theo biểu thức:

$$\Delta P_\Sigma = k_p U \cdot I_M \Delta U_\Sigma\% 10^{-2} = 0,861 \cdot 10 \cdot 72,79 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 31,34 \text{ kW}$$

+ Kỳ vọng toán hay giá trị trung bình của dòng điện được xác định theo công thức:

$$I_{tb} = \frac{A_r}{\sqrt{3} \cdot T \cdot U_{tb} \cdot \cos \varphi} = \frac{A_r}{\sqrt{3} \cdot T \cdot U_{tb} \cdot \cos \varphi} = 65,82 \text{ A}$$

+ Hệ số biến động k_v được xác định theo công thức:

$$k_v = \frac{I_M - I_{tb}}{3 \cdot I_{tb}} = \frac{72,79 - 65,82}{3 \cdot 65,82} = 0,035$$

Điện trở đẳng trị xác định theo biểu thức

$$R_{dt} = \frac{\Delta P_M \cdot 10^3}{3 I_M^2} = \frac{31,34 \cdot 10^3}{3 \cdot 72,79^2} = 1,97 \Omega$$

Tổn thất điện năng trên đường dây

$$\Delta A_d = 3 \cdot I_{tb}^2 (1 + k_v^2) R_{dt} \cdot T \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 72,79^2 \cdot (1 + 0,035^2) \cdot 1,97 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 615,63 \text{ kWh}$$

Điện năng ở cuối đường dây:

$$A_2 = A - \Delta A_d = 22357 - 615,63 = 21741,37 \text{ kWh}$$

Dòng điện trung bình qua các máy biến áp đẳng trị

$$I_{tb,BA} = \frac{A_{r2}}{\sqrt{3} \cdot T \cdot U_{tb2} \cdot \cos \varphi} = \frac{21741,37}{\sqrt{3} \cdot 24 \cdot 9,5 \cdot 0,817} = 67,42 \text{ A}$$

Điện trở đẳng trị của các máy biến áp

$$R_{dtb} = \frac{U_n^2 \sum_{i=1}^m \Delta P_{ki} \cdot 10^3}{(\sum_{i=1}^m S_{ni})^2} = \frac{10^2 \cdot (2,4 + 4,1 + 6,2 + 2,4 + 9,4) \cdot 10^3}{(100 + 180 + 320 + 100 + 560)^2} = 1,543 \Omega$$

Thành phần tổn thất thay đổi trong các cuộn dây của các máy biến áp

$$\Delta A_d = 3 \cdot I_{tb}^2 (1 + k_v^2) R_{dt} \cdot T \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 67,42^2 \cdot (1 + 0,035^2) \cdot 1,543 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 505,65 \text{ kWh}$$

Thành phần tổn thất cố định hay tổn thất trong lõi thép của các biến áp được xác định theo biểu thức:

$$\Delta A_{Fc} = \frac{U_{tb2}^2}{U_n^2} T \sum_{i=1}^m \Delta P_{0i} = \frac{9,5^2}{10^2} \cdot 24 \cdot (0,73 + 1,2 + 1,9 + 0,73 + 2,5) = 152,73 \text{ kWh}$$

Tổng tổn thất điện năng trong mạng điện

$$\Delta A_{\Sigma} = \Delta A_r + \Delta A_{cu} + \Delta A_{Fc} = 615,63 + 505,65 + 152,73 = 1274,01 \text{ kWh}$$

$$\Delta A \% = \frac{\Delta A \cdot 100}{A} = \frac{1274,01}{22357} \cdot 100 = 5,7 \%$$

Bài 11.5. Trạm biến áp 110/10,5 kV có 2 máy TMTГ 5600/110 và TMTГ 7500/110. Hãy xác định phạm vi làm việc kinh tế của trạm.

Giải: Theo bảng 16.pl. phụ lục ta xác định được các tham số của máy biến áp

Máy biến áp	ΔP_{10} , kW	ΔP_k , kW
TMTГ 5600/110	30	69,5
TMTГ 7500/110	35	83

Sẽ có thể có 3 chế độ làm việc của trạm biến áp :

- chỉ một máy TMTГ 5600/110;
- chỉ một máy TMTГ 7500/110;
- cả hai máy cùng làm việc.

Áp dụng công thức

$$S_{gh} = \sqrt{\frac{\sum \Delta P_{cb} - \sum \Delta P_{ca}}{\sum \Delta P_{va} - \sum \Delta P_{vb}}} \cdot \sqrt{\frac{(\sum S_a)^2 - (\sum S_b)^2}{}}$$

Công suất giới hạn giữa chế độ a và chế độ b

$$S_{gh.a-b} = \sqrt{\frac{35 - 30}{69,5 - 83}} \cdot \sqrt{\frac{5,6^2 - 7,5^2}{}} = 2,6 \text{ MVA}$$

Công suất giới hạn giữa chế độ a và chế độ b

$$S_{gh.b-c} = \sqrt{\frac{65 - 35}{85 - 152,5}} \cdot \sqrt{\frac{7,5^2 - 13,1^2}{}} = 7,15 \text{ MVA}$$

Như vậy khi

$P_{pt} < 2,6 \text{ MVA}$ thì chỉ cần 1 máy biến áp TMTГ 5600/110.

$P_{pt} = 2,6 \div 7,15 \text{ MVA}$ thì chỉ cần 1 máy biến áp TMTГ 7,5/110.

$P_{pt} > 7,15 \text{ MVA}$ thì cả 2 máy biến áp cùng làm việc.

Bài 11.6: Trạm biến áp 110/10,5 kV có 3 máy TPДН.10000/110 , hãy xác định phạm vi làm việc kinh tế của trạm.

Giải: Trước hết ta xác định các tham số của máy biến áp:

$$S_n = 10 \text{ MVA}; \Delta P_0 = 14 \text{ kW} \text{ và } \Delta P_k = 60 \text{ kW};$$

Do các máy biến áp có các tham số giống nhau nên

$$k = \frac{\Delta P_v}{\Delta P_c} = \frac{\Delta P_k}{\Delta P_0} = \frac{60}{14} = 4,286 = \text{const}$$

Công suất giới hạn chuyển từ chế độ 2 máy sang chế độ 3 máy được xác định theo biểu thức

$$S_{gh1} = S_n \sqrt{\frac{n(n+1)}{k}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{1 \cdot 2}{4,286}} = 6,83 \text{ MVA}$$

Công suất giới hạn chuyển từ chế độ 1 máy sang chế độ 2 máy

$$S_{gh2} = 10 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 3}{4,286}} = 11,83 \text{ MVA}$$

Bài 11.7. Xác định dung lượng bù công suất phản kháng để nâng hệ số công suất $\cos\varphi$ lên giá trị 0,9, biết các tham số trung bình tại trạm tiêu thụ là $P = 123,6 \text{ kW}$; $U = 380 \text{ V}$; $I = 268,56 \text{ A}$.

Giải: Trước hết ta xác định hệ số $\cos\varphi$ của mạng điện

$$\cos\varphi_1 = \frac{P}{\sqrt{3}UI} = \frac{123,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 268,56} = 0,70 \rightarrow \text{tg}\varphi_1 = 1,02.$$

Công suất phản kháng cần bù

$$Q_b = P(\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_2) = 123,6 \cdot (1,02 - 0,484) = 66,5 \text{ kVAr}$$

Bài 11.8. Chỉ số công tơ tác dụng và phản kháng trong thời gian $T = 24 \text{ h}$ cho biết $A_r = 2127,5 \text{ kWh}$ và $A_x = 1893,6 \text{ kVArh}$. Hãy xác định dung lượng bù vô công cần thiết để nâng hệ số $\cos\varphi_2 = 0,9$.

Giải: Hệ số $\cos\varphi$ của mạng điện có thể xác định theo biểu thức

$$\cos\varphi_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{A_x}{A_r}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1893,6}{2127,5}\right)^2}} = 0,747 \rightarrow \text{tg}\varphi_1 = 0,89$$

Công suất vô công cần bù

$$Q_b = \frac{A_r}{T} (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2) = \frac{2127,5}{24} (0,89 - 4,84) = 36 \text{ kVAr.}$$

Bài 11. 9. Mạng điện hạ áp 0,38 kV dài 0,53 km, làm bằng dây dẫn A-70 cung cấp cho phụ tải với công suất $S = 56 \text{ kVA}$, $\cos\varphi = 0,72$, thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4960 \text{ h}$ Hãy xác định giá trị bù công suất phản kháng tối ưu, biết: suất vốn đầu tư của tụ bù là $v_b = 150.10^3 \text{ đ/kVAr}$; suất tổn thất trong tụ bù $\Delta P_b = 0,004 \text{ kW/kVAr}$; giá thành tổn thất $c_\Delta = 750 \text{ đ/kWh}$, tỷ lệ chi phí khấu hao và thu hồi vốn $p = 0,165$.

Giải: Trước hết ta xác định các tham số của mạng điện: Căn cứ vào mã hiệu dây dẫn A-70 ta tìm được giá trị $r_0 = 0,46 \text{ } \Omega/\text{km}$ (bảng 17.pl [1]), từ đó xác định giá trị điện trở của đường dây là:

$$R = r_0 \cdot l = 0,46 \cdot 0,53 = 0,244 \text{ } \Omega$$

Thời gian hao tổn cực đại có thể xác định theo biểu thức

$$\tau = 0,13T_M + 0,87 \frac{T_M^2}{T} = 0,13 \cdot 4960 + 0,87 \frac{4960^2}{8760} = 3088 \text{ h}$$

Công suất phản kháng trong mạng

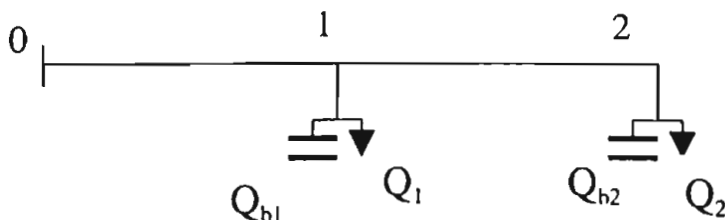
$$Q = S \cdot \sin\varphi = 53 \cdot 0,694 = 38,86 \text{ kVAr}$$

Giá trị công suất phản kháng cần bù tối ưu được xác định theo biểu thức

$$Q_b = Q - \frac{U^2 (p v_b + \Delta P_b t c_\Delta)}{2R\tau c_\Delta}$$

$$Q_b = 38,86 - \frac{0,38^2 \cdot (0,165 \cdot 150 + 0,004 \cdot 8760 \cdot 0,75) \cdot 10^3}{2 \cdot 0,244 \cdot 3088 \cdot 0,75} = 32,34 \text{ kVAr}$$

Bài 11. 10. Hãy xác định dung lượng bù tối ưu cho mạng điện hạ áp 0,38 kV với sơ đồ như hình 11.24, biết: suất vốn đầu tư của tụ bù là $v_b = 140.10^3 \text{ đ/kVAr}$; suất tổn thất trong tụ bù $\Delta P_b = 0,004 \text{ kW/kVAr}$; giá thành tổn thất $c_\Delta = 750 \text{ đ/kWh}$. Công suất phản kháng trong mạng điện là $Q_1 = 45$; và $Q_2 = 28,5$ đường dây được làm bằng dây dẫn A-50 với chiều dài $l_{01} = 469 \text{ m}$ và $l_{12} = 313 \text{ m}$; tỷ lệ chi phí khấu hao và thu hồi vốn $p = 0,18$; thời gian vận hành trong năm $t = 8760 \text{ h}$; thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4580 \text{ h}$.



Hình 11.3.
Sơ đồ mạng điện bài 11.10.

Giải:

Trước hết ta xác định các tham số của mạng điện: Căn cứ vào mã hiệu dây dẫn A.50 ta tìm được giá trị $r_0 = 0,64 \Omega/\text{km}$ (bảng 17.pl [1]), từ đó xác định giá trị điện trở của các đoạn dây:

$$R_1 = r_0 \cdot l_{01} = 0,64 \cdot 0,469 = 0,30 \Omega$$

$$R_2 = r_0 \cdot l_{12} = 0,64 \cdot 0,313 = 0,20 \Omega$$

Thời gian hao tổn cực đại có thể xác định theo biểu thức

$$\tau = 0,13T_M + 0,87 \frac{T_M^2}{T} = 0,13 \cdot 4580 + 0,87 \frac{4580^2}{8760} = 2678,67 \text{ h}$$

Tổng công suất phản kháng trong mạng

$$Q_\Sigma = Q_1 + Q_2 = 45 + 28,5 = 73,5 \text{ kVAr}$$

Hệ phương trình nhận được từ đạo hàm chi phí quy đổi

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_1} = p v_b + \Delta P_{b,tc\Delta} - \frac{2c_\Delta \tau R_1}{U^2} \cdot 10^{-3} \cdot (Q_\Sigma - Q_{b1} - Q_{b2}) = 0$$

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{b2}} = p v_b + \Delta P_{b,tc\Delta} - \frac{2c_\Delta \tau R_1}{U^2} \cdot 10^{-3} \cdot [R_1(Q_\Sigma - Q_{b1} - Q_{b2}) + R_2(Q_2 - Q_{b2})] = 0$$

Thay số vào ta được hệ phương trình

$$\begin{cases} 51,48 - 8,35 (73,5 - Q_{b1} - Q_{b2}) = 0 \\ 51,48 - 8,35 [0,3 (73,5 - Q_{b1} - Q_{b2}) + 0,2 \cdot (28,5 - Q_{b2})] = 0; \end{cases}$$

Giải hệ phương trình theo phương pháp thế

Phương trình 1:

$$6,167 - 73,5 + Q_{b1} + Q_{b2} = 0$$

hay $Q_{b1} + Q_{b2} = 67,33 \rightarrow Q_{b2} = 67,33 - Q_{b1}$

Phương trình 2:

$$6,167 - 0,3 (73,5 - Q_{b1} - Q_{b2}) - 0,2 \cdot (28,5 - Q_{b2}) = 0$$

$$6,167 - 22,06 + 0,3 Q_{b1} + 0,3 Q_{b2} - 5,71 + 0,2 Q_{b2} = 0$$

$$0,3 \cdot Q_{b1} + 0,5 Q_{b2} = 21,59$$

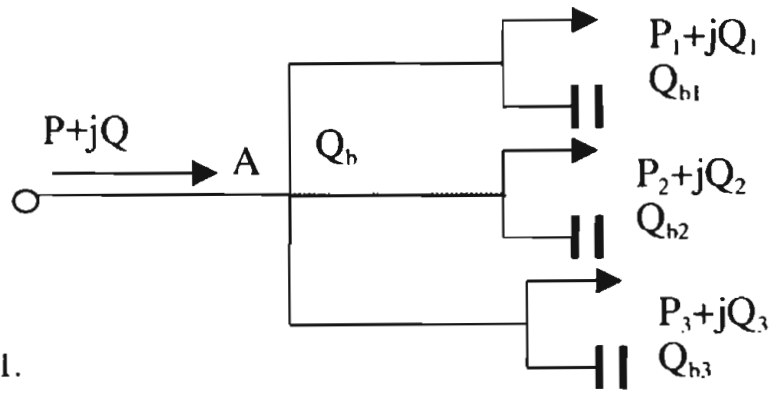
$$0,3 Q_{b1} + 0,5 \cdot (67,33 - Q_{b1}) = 21,59 \rightarrow -0,2 \cdot Q_{b1} + 33,67 = 21,59$$

$$Q_{b1} = \frac{33,67 - 21,59}{0,2} = 60,41 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b2} = 67,33 - 60,41 = 6,92 \text{ kVAr}$$

Ta chọn tụ công suất $Q_{C1} = 65 \text{ kVAr}$ đặt tại điểm 1, còn tại điểm 2 không cần đặt tụ vì hiệu quả kinh tế sẽ không đáng kể.

Bài 11.11. Mạng điện hạ áp 0,38 kV hình vẽ, cung cấp cho các phân xưởng với phụ tải tương ứng S_i , điện trở của các đoạn dây từ tủ phân phối A đến các phân xưởng R_i cho trong bảng dưới. Hãy phân phối công suất phản kháng cho các phân xưởng, biết tổng công suất cần bù là $Q_b = 92 \text{ kVAr}$, coi hệ số đồng thời bằng 1



Hình 11.4.
Sơ đồ mạng điện bài 11.11.

	1	2	3
S, kVA	56,87	68	43,58
cosφ	0,76	0,74	0,73
R, Ω	0,23	0,31	0,28

Giải:

Trước hết ta xác định công suất phản kháng trong mạng điện:

$$Q_1 = S_1 \cdot \sin \varphi_1 = 56,87 \cdot 0,65 = 36,96 \text{ kVAr},$$

Điện dẫn của nhánh thứ nhất:

$$g_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{0,23} = 4,35$$

Tính toán tương tự cho các phân xưởng khác, kết quả ghi trong bảng:

Điện trở tương đương của các mạch hình tia:

$$R_{\omega} = \frac{1}{\sum g_i} = \frac{1}{11,145} = 0,09 \Omega$$

Tổng công suất phản kháng trong mạng

$$Q = \sum Q_i = 36,96 + 45,74 + 29,78 = 112,48 \text{ kVAr}$$

Công suất bù tối ưu cho các phân xưởng được xác định

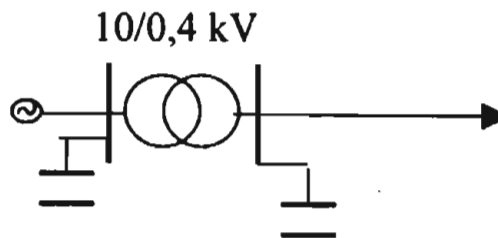
$$Q_{b1} = Q_1 - (Q - Q_b) \frac{R_{\omega}}{R_i} = 36,96 - (112,48 - 92) \cdot \frac{0,09}{0,23} = 28,97 \text{ kVAr}$$

Tính tương tự cho các phân xưởng khác, kết quả ghi trong bảng

Tham số pX	1	2	3	Σ
Q_i , kVAr	36,96	45,74	29,78	112,48
g_i	4,35	3,225	3,571	11,145
Q_{b1} , kVAr	28,97	39,81	23,22	92

Bài 11.12. Trạm biến áp với máy TM.320/10 cung cấp điện cho một xí nghiệp với phụ tải $S = 215 \text{ kVA}$ hệ số $\cos\varphi = 0,75$, công suất phản kháng cần bù được xác định là $Q_b = 95 \text{ kVAr}$. Hãy chọn điểm đặt tối ưu cho các cơ cấu bù, biết suất vốn đầu tư cho tụ xao áp là $v_c = 85 \cdot 10^3$ và của tụ hạ áp là $v_h = 150 \cdot 10^3$ đồng/kVAr, thời gian hao tổn cực đại $\tau = 2980\text{h}$; giá thành hao tổn điện năng $c_{\Delta} = 750$ đồng/kWh, hệ số sử dụng hiệu quả vốn đầu tư và khấu hao thiết bị là $p = 0,165$.

Hình 11.5.
Sơ đồ mạng điện bài 11.12.



Giải: Trước hết cần xác định các tham số của máy biến áp: ứng với mã hiệu của máy biến áp TM.320/10 ta tìm được $S_n = 320 \text{ kVA}$, $\Delta P_k = 6,2\text{kW}$ (bảng 13.pl [1]);

Điện trở tác dụng của máy biến áp

$$R_{BA} = \frac{\Delta P_k U_n^2 \cdot 10^{-3}}{S_n^2} = \frac{6,2 \cdot 10^2 \cdot 10^{-3}}{0,32^2} = 6,05 \Omega;$$

Xác định hiệu quả kinh tế khi đặt thiết bị bù ở phía hạ áp

$$\Delta K = \frac{R_{ha} \tau \cdot c_{\Delta}}{U^2} \cdot 10^{-3} [Q^2 - (Q - Q_b)^2] - p \cdot (v_h - v_c) Q_b$$

$$\Delta K = \frac{6,05.2980.0,75.10^{-3}}{10^2} [142,21^2 - (142,21 - 95)^2] - 0,165. (150 - 85) . 95 =$$

$$= 1416,21.10^3 \text{ đ.}$$

Ta nhận thấy giá trị $\Delta K > 0$, tức là việc đặt cơ cấu bù ở phía hạ áp sẽ có lợi hơn so với vị trí đặt ở phía cao áp.

Bài 11.13. Nhà máy điện có hai tổ máy với các đặc tính

$$Z_1 = (2,73P_1^2 + 213,5 P_1 + 1370).10^2 \text{ đ/h}$$

$$Z_2 = (1,85P_2^2 + 237,5 P_2 + 870,6) .10^2$$

Phụ tải $P_n = 370 \text{ MW}$. Hãy phân bố công suất giữa các tổ máy sao cho có hiệu quả nhất và xác định tổng chi phí của toàn nhà máy.

Giải: Bài toán có thể được giải theo 2 phương pháp: phương pháp kinh điển và phương pháp Lagrange.

a. Phương pháp kinh điển

Trước hết ta xác định suất gia tăng chi phí của các tổ máy

$$b_1 = \frac{\partial Z_1}{\partial P_1} = 2.2,73.P_1 + 213,5;$$

$$b_2 = \frac{\partial Z_2}{\partial P_2} = 2.1,85P_2 + 237,5.$$

Đặt $b_1 = b_2$ cùng với điều kiện cân bằng công suất phụ tải ta được hệ phương trình

$$\begin{cases} 5,46.P_1 + 213,5 = 3,7.P_2 + 237,5 \\ P_1 + P_2 = 370 \end{cases}$$

Giải hệ phương trình trên ta tìm được:

$$P_1 = 152,07 \text{ và } P_2 = 217,93 \text{ MW.}$$

Chi phí của các tổ máy

$$Z_1 = (2,73.152,07^2 + 213,5.152,07 + 1370).10^2 = 96973,39.10^2 = 9,7.10^6 \text{ đ/h;}$$

$$Z_2 = (1,85.217,93^2 + 237,5.217,93 + 870,6).10^2 = 140487,5.10^2 = 14,05.10^6 \text{ đ/h;}$$

Tổng chi phí:

$$Z = Z_1 + Z_2 = (96973,39 + 140487,5).10^2 = 237460,9.10^2 = 23,75.10^6 \text{ đ/h.}$$

b. Giải theo phương pháp Lagrange

Hàm mục tiêu $Z_{\Sigma} = Z_1 + Z_2 = \min$

Hàm ràng buộc $W = 370 - (P_1 + P_2) = 0$

Hàm Lagrange $L = Z_{\Sigma} + \lambda W$;

Lấy đạo hàm của L theo công suất P_i , cho triệt tiêu và giải hệ phương trình tìm được

$$\frac{\partial L}{\partial P_1} = 2.2,73.P_1 + 213,5 - \lambda = 0 \quad \text{suy ra} \quad P_1 = \frac{\lambda - 213,5}{5,46} = 0,183 \lambda - 39,1;$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_2} = 2.1,85.P_2 + 237,5 - \lambda = 0 \quad \text{suy ra} \quad P_2 = \frac{\lambda - 237,5}{3,7} = 0,27 \lambda - 64,189;$$

$$\text{Cộng 2 phương trình lại ta được} \quad P_1 + P_2 = 370 = 0,453.\lambda - 103,29$$

$$\text{Từ đó} \rightarrow 0,453.\lambda = 103,29 + 370 = 473,29 \rightarrow \lambda = 1043,825$$

Biết được giá trị λ ta dễ dàng xác định công suất của các tổ máy:

$$P_1 = 0,183.1043,825 = 152,07 \text{ MW}$$

Tính toán tương tự cho tổ máy thứ hai ta được $P_2 = 217,93$.

Bài 11.14. Hãy phân bố công suất tối ưu cho các tổ máy và xác định tổng chi phí của một nhà máy nhiệt điện gồm 4 tổ máy với các hàm chi phí sản xuất tương ứng là

$$Z_1 = (0,215.P_1^2 + 84,38 + 1357)10^3 \text{ đ/h}$$

$$Z_2 = (0,136.P_2^2 + 92,45P_2 + 2108,54)10^3, \text{ đ/h}$$

$$Z_3 = (0,169.P_3^2 + 86,6.P_3 + 1872,66)10^3, \text{ đ/h}$$

$$Z_4 = (0,207.P_4^2 + 79,43.P_4 + 1450,37)10^3, \text{ đ/h}$$

Biết phụ tải yêu cầu của hệ thống điện là 540 MW, tức là

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 540 \text{ MW}$$

Giải: Điều kiện phân bố tối ưu là $b = \text{const.}$

Trong bài toán này tiện nhất là áp dụng phương pháp Lagrange.

Hàm mục tiêu $Z_{\Sigma} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 = \min$

Hàm ràng buộc $W = 540 - (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) = 0$

Hàm Lagrange $L = Z_{\Sigma} + \lambda W$;

Lấy đạo hàm của L theo công suất P_i , cho triệt tiêu và giải hệ phương trình tìm được

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial P_1} &= 2.0,215P_1 + 84,38 - \lambda = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial P_2} &= 2.0,136.P_2 + 92,45 - \lambda = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial P_3} &= 2.0,167.P_3 + 86,6 - \lambda = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial P_4} &= 2.0,207.P_4 + 79,43 - \lambda = 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} P_1 &= \frac{\lambda - 84,38}{0,43} = 2,326.\lambda - 196,23 \\ P_2 &= \frac{\lambda - 92,45}{0,272} = 3,676.\lambda - 339,89 \\ P_3 &= \frac{\lambda - 86,6}{0,338} = 2,959.\lambda - 256,21 \\ P_4 &= \frac{\lambda - 79,43}{0,414} = 2,415.\lambda - 191,86 \end{aligned}$$

Cộng 4 phương trình lại ta được

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 540 = 11,376.\lambda - 984,2$$

$$\text{Từ đó } \rightarrow 11,376.\lambda = 984,2 + 540 = 1524,2 \rightarrow \lambda = 133,98$$

Biết được giá trị λ ta dễ dàng xác định công suất của các tổ máy:

$$P_1 = 2,326.133,98 - 196,23 = 115,354 \text{ MW}$$

Tính toán tương tự cho các tổ máy khác, kết quả ghi trong bảng vd.11.2

Thay các giá trị P_i vừa tìm được vào các hàm đặc tính chi phí ta xác định các giá trị Z_i tương ứng của mỗi tổ máy

$$Z_1 = (0,215.(115,354)^2 + 84,38.115,354 + 1357).10^3 = 13,952.10^6, \text{ đ/h}$$

Tính toán tương tự, kết quả ghi trong bảng vd.11.2

Bảng vd.11.2 Kết quả tính toán phân bố công suất tối ưu

Tổ máy	1	2	3	4	Tổng
P, MW	115,354	152,692	140,184	131,769	370
Z, 10^6 đ/h	11,136	12,228	11,061	11,508	45,933

Bài 11.15. Nhà máy điện 1 và 2 có các đặc tính chi phí tương ứng $Z_1 = 0,5.10^{-3}P_1^2 + 0,3P_1 + 2$ (tấn than tiêu chuẩn/h);

$$Z_2 = 10^{-3}P_2^2 + 0,34P_2 + 1,2$$

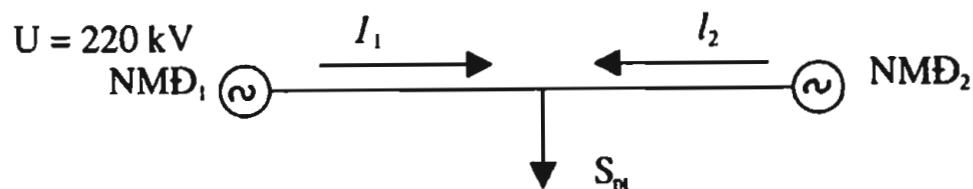
Các nhà máy được hòa vào mạng điện 220 kV với phụ tải

$S_{\text{m}} = 240 + j60$ MVA (hình 11.6). Chiều dài đường dây từ nhà máy 1 đến điểm tải là 100 km và từ nhà máy 2 là 25 km, dây dẫn được làm bằng dây ACO240

Hãy phân bố công suất tối ưu của nhà máy và xác định tổng chi phí sản xuất điện năng của hệ thống trong hai trường hợp:

- không tính đến hao tổn trong mạng điện;
- có tính đến hao tổn.

Cho nhận xét và so sánh kết quả tính toán.



Hình 11.6 Sơ đồ mạng điện bài toán 11.15.

Giải:

a. Khi không xét đến hao tổn trong mạng điện

Từ dữ kiện của bài toán ta tra bảng xác định suất điện trở của đường dây, ứng với dây dẫn ACO-240 ta có $r_0 = 0,12$ và $x_0 = 0,43 \Omega/\text{km}$

Lấy đạo hàm của T_1 và T_2 tương ứng với P_1 và P_2 ta được

$$b_1 = \frac{\partial Z_1}{\partial P_1} = 2,05 \cdot 10^{-3} P_1 + 0,3;$$

$$b_2 = \frac{\partial Z_2}{\partial P_2} = 2 \cdot 10^{-3} P_2 + 0,34.$$

Điều kiện phân bố tối ưu công suất giữa các nhà máy điện là

$$b_1 = b_2$$

Vậy ta có hệ phương trình

$$\left. \begin{aligned} 2,05 \cdot 10^{-3} P_1 + 0,3 &= 2 \cdot 10^{-3} P_2 + 0,34 \\ P_1 + P_2 &= 240 \end{aligned} \right\}$$

Nghiệm của hệ phương trình:

$$P_1 = 173,33 \text{ MW} \text{ và } P_2 = 66,67 \text{ MW.}$$

Giả thiết sự phân bố công suất phản kháng tỷ lệ với phụ tải tác dụng ta dễ dàng tìm được

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{173,33}{66,67} = 2,6 \rightarrow Q_1 = 2,6 Q_2, \text{ mà } Q_1 + Q_2 = 60$$

nên dễ dàng tìm được $Q_1 = 43,33$ và $Q_2 = 16,67$ MVA_r.

Xác định hao tổn công suất tác dụng trong mạng

$$\Delta P_1 = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} r_0 / l_1 = \frac{173,33^2 + 43,33^2}{220^2} \cdot 0,12 \cdot 100 = 7,915 \text{ MW};$$

$$\Delta P_2 = \frac{66,67^2 + 16,67^2}{220^2} \cdot 0,12 \cdot 25 = 0,293 \text{ MW}.$$

Công suất phát thực tế của các máy phát

$$P_I = P_1 + \Delta P_1 = 173,33 + 7,915 = 181,245 \text{ MW};$$

$$P_{II} = P_2 + \Delta P_2 = 66,67 + 0,293 = 66,963 \text{ MW}.$$

Xác định hao tổn công suất phản kháng trong mạng điện:

$$\Delta Q_1 = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} x_0 \cdot l_1 = \frac{173,33^2 + 43,33^2}{220^2} \cdot 0,43 \cdot 25 = 28,36 \text{ MVA}_r;$$

$$\Delta Q_2 = \frac{66,67^2 + 16,67^2}{220^2} \cdot 0,43 \cdot 25 = 1,04 \text{ MVA}_r.$$

Tổng công suất phản kháng phát ra của các nhà máy điện

$$Q_I = Q_1 + \Delta Q_1 = 43,33 + 28,36 = 71,69 \text{ MVA}_r;$$

$$Q_{II} = Q_2 + \Delta Q_2 = 16,67 + 1,04 = 17,72 \text{ MVA}_r.$$

Chi phí sản xuất điện năng của các nhà máy điện:

$$Z_1 = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 181,245^2 + 0,3 \cdot 181,245 + 2 = 72,8 \text{ TOE/h};$$

$$Z_2 = 10^{-3} \cdot 66,96^2 + 0,34 \cdot 66,96 + 1,2 = 42,33 \text{ TOE/h}.$$

Tổng chi phí

$$Z_\Sigma = Z_1 + Z_2 = 72,8 + 42,33 = 115,13 \text{ TOE/h}.$$

b. Trường hợp có xét đến hao tổn

Theo điều kiện phân bố tối ưu công suất

$$\frac{b_1}{1 - \sigma_{p1}} = \frac{b_2}{1 - \sigma_{p2}}$$

$$\sigma_{p1} = \frac{\partial \Delta P_1}{\partial P_1} = \frac{2P_1 R_1}{U^2} ; \quad \sigma_{p2} = \frac{\partial \Delta P_2}{\partial P_2} = \frac{2P_2 R_2}{U^2} .$$

Thay số vào ta có hệ phương trình

$$\left. \begin{aligned} \frac{2,0,5 \cdot 10^{-3} P_1 + 0,3}{1 - \frac{2 \cdot P_1 \cdot 12}{220^2}} &= \frac{2 \cdot 10^{-3} P_2 + 0,34}{1 - \frac{2 \cdot P_2 \cdot 3}{220^2}} \\ P_1 + P_2 &= 240 \end{aligned} \right\}$$

Giải hệ phương trình trên ta tìm được

$$P_1 = 161,561 \quad \text{và} \quad P_2 = 78,439 \text{ MW}$$

Tương tự như cách giải ở phần trên ta có

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{161,561}{78,439} = 2,06 \rightarrow Q_1 = 2,06 Q_2, \quad \text{mà} \quad Q_1 + Q_2 = 60$$

nên dễ dàng tìm được $Q_1 = 40,93$ và $Q_2 = 19,61$ MVA_r.

Xác định hao tổn công suất tác dụng và phản kháng

$$\Delta P_1 = \frac{161,561^2 + 40,39^2}{220^2} 12 = 6,876 \text{ MW}$$

$$\Delta P_2 = \frac{78,439^2 + 19,61^2}{220^2} 3 = 0,405 \text{ MW}$$

$$\Delta Q_1 = \frac{161,561^2 + 40,39^2}{220^2} 60 = 34,38 \text{ MVA}_r$$

$$\Delta Q_2 = \frac{78,439^2 + 19,61^2}{220^2} 3 = 2,025 \text{ MVA}_r$$

Công suất phát thực tế của các nhà máy điện

$$P_I = P_1 + \Delta P_1 = 161,561 + 6,876 = 168,437 \text{ MW}$$

$$P_{II} = P_2 + \Delta P_2 = 78,439 + 0,405 = 78,844$$

$$Q_I = Q_1 + \Delta Q_1 = 40,39 + 34,38 = 74,77 \text{ MVA}_r$$

$$Q_{II} = Q_2 + \Delta Q_2 = 19,61 + 2,025 = 21,635 \text{ MVA}_r$$

Chi phí

$$Z_1 = 0,5 \cdot 10^{-1} \cdot 168,347^2 + 0,3 \cdot 168,347 + 2 = 66,717 \text{ TOE/h}$$

$$Z_2 = 10^{-1} \cdot 78,844^2 + 0,34 \cdot 78,844 + 1,2 = 34,223$$

Tổng chi phí

$$Z_{\Sigma} = Z_1 + Z_2 = 66,717 + 34,223 = 100,94 \text{ TOE/h}$$

Sai số giữa hai phương pháp

$$\Delta Z = \frac{101,25 - 100,94}{101,25} 100 = 0,31 \%$$

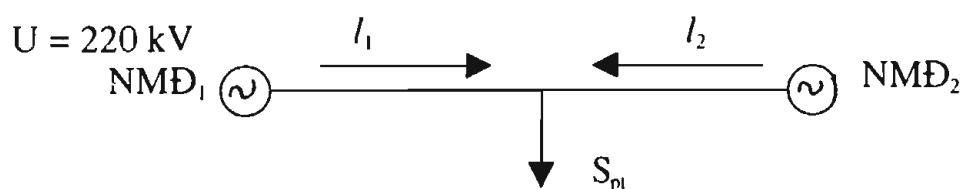
Nhận xét: Có thể nói sai số không đáng kể, vì vậy trong thực tế có thể áp dụng phương pháp gần đúng không cần xét đến ảnh hưởng của hao tổn trong mạng điện, điều đó cho phép đơn giản hoá bài toán đi rất nhiều.

Bài 11.16: Nhà máy điện 1 và 2 có các đặc tính chi phí tương ứng

$$Z_1 = 25 \cdot 10^{-4} P_1^2 + 0,54 P_1 + 42 \text{ TOE/h; (tấn than tiêu chuẩn/h);}$$

$$Z_2 = 17 \cdot 10^{-4} P_2^2 + 0,95 P_2 + 36$$

Các nhà máy được hòa vào mạng điện 220 kV với phụ tải $S_{pt} = 378 \text{ MVA}$ hệ số $\cos\varphi = 0,86$, Chiều dài đường dây từ nhà máy 1 đến điểm tải là $l_1 = 115 \text{ km}$ và từ nhà máy 2 là $l_2 = 107 \text{ km}$, dây dẫn được làm bằng dây ACO-300.



Hình 11.7 Sơ đồ mạng điện bài toán 11.16.

Hãy phân bố công suất tối ưu của nhà máy và xác định tổng chi phí sản xuất điện năng của hệ thống (không tính đến ảnh hưởng của hao tổn trong mạng điện).

Giải: Từ dữ kiện của bài toán ta tra bảng xác định suất điện trở của đường dây, ứng với dây dẫn ACO-300 ta có $r_0 = 0,1$ và $x_0 = 0,424 \Omega/\text{km}$

Xác định các thành phần công suất tác dụng và phản kháng:

$$P = S \cdot \cos\varphi = 560 \cdot 0,86 = 325,08 \text{ MW và } Q = S \cdot \sin\varphi = 192,89 \text{ MVar}$$

a. Giải theo phương pháp cổ điển

Lấy đạo hàm của Z_1 và Z_2 tương ứng với P_1 và P_2 ta được

$$b_1 = \frac{\partial Z_1}{\partial P_1} = 2.25.10^{-4}P_1 + 0,54$$

$$b_2 = \frac{\partial Z_2}{\partial P_2} = 2.17.10^{-4}P_2 + 0,95$$

Điều kiện phân bố tối ưu công suất giữa các nhà máy điện là

$$b_1 = b_2$$

Vậy ta có hệ phương trình

$$\left. \begin{aligned} 50.10^{-4}P_1 + 0,54 &= 34.10^{-4}P_2 + 0,95 \\ P_1 + P_2 &= 325,08 \end{aligned} \right\}$$

Nghiệm của hệ phương trình

$$P_1 = 180,39 \text{ MW} \text{ và } P_2 = 144,69 \text{ MW.}$$

Giả thiết sự phân bố công suất phản kháng tỷ lệ với phụ tải tác dụng ta dễ dàng tìm được

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{180,39}{144,69} = 1,247 \text{ suy ra } Q_1 = 1,247.Q_2;$$

Giải hệ phương trình:

$$Q_1 = 1,247.Q_2$$

$$Q_1 + Q_2 = 192,89$$

Ta tìm được: $Q_1 = 107,04$ và $Q_2 = 85,85 \text{ MVar}$;

Xác định hao tổn công suất tác dụng trong mạng

$$\Delta P_1 = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} r_{01} = \frac{180,39^2 + 107,04^2}{220^2} .0,1.115 = 12,545 \text{ MW}$$

$$\Delta P_2 = \frac{144,69^2 + 85,85^2}{220^2} .0,1.107 = 6,26 \text{ MW}$$

Công suất phát thực tế của các máy phát

$$P_1 = P_1 + \Delta P_1 = 180,39 + 12,545 = 192,935 \text{ MW}$$

$$P_{II} = P_2 + \Delta P_2 = 144,69 + 6,26 = 150,95 \text{ MW}$$

Chi phí sản xuất điện năng của các nhà máy điện:

$$Z_1 = 25 \cdot 10^{-4} 192,93^2 + 0,54 \cdot 192,93 + 42 = 239,243 \text{ (TOE/h)}$$

$$Z_2 = 17 \cdot 10^{-4} 150,95^2 + 0,95 \cdot 150,95 + 36 = 218,14 \text{ (TOE/h)}$$

Tổng chi phí

$$Z_{\Sigma} = Z_1 + Z_2 = 239,243 + 218,14 = 457,38 \text{ TOE/h}$$

b. Giải theo phương pháp Lagrange

$$Z = Z_1 + Z_2 = 25 \cdot 10^{-4} P_1^2 + 0,54 P_1 + 42 + 17 \cdot 10^{-4} P_2^2 + 0,95 P_2 + 36$$

Hàm ràng buộc:

$$P_{pi} = P_1 + P_2 \text{ hay } W = 325,08 - (P_1 + P_2) = 0$$

Hàm Lagrange có dạng

$$L = Z + \lambda W = 25 \cdot 10^{-4} P_1^2 + 0,54 P_1 + 42 + 17 \cdot 10^{-4} P_2^2 + 0,95 P_2 + 36 + \lambda(325,08 - P_1 - P_2)$$

Lấy đạo hàm

$$\frac{\partial L}{\partial P_1} = 2 \cdot 25 \cdot 10^{-4} P_1 + 0,54 - \lambda = 0 \text{ suy ra } P_1 = \frac{\lambda - 0,54}{50 \cdot 10^{-4}} = 200\lambda - 108$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_2} = 2 \cdot 17 \cdot 10^{-4} P_2 + 0,95 - \lambda = 0 \text{ suy ra } P_2 = \frac{\lambda - 0,95}{34 \cdot 10^{-4}} = 294,12 \lambda - 279,41$$

Cộng hai vế của hệ phương trình

$$P_1 + P_2 = 494,12\lambda - 387,41 = 325,08$$

Từ đó $\lambda = 1,442$

Thay giá trị của λ vào các phương trình tương ứng ta tìm được

$$P_1 = 200 \cdot 1,442 - 108 = 180,39 \text{ MW}$$

$$P_2 = 294,12 \cdot 1,442 - 279,41 = 144,69 \text{ MW}$$

Nhận xét: Hai phương pháp cùng cho kết quả như nhau, tuy nhiên ta thấy phương pháp Lagrange có khối lượng tính toán ít hơn so với phương pháp cổ điển, điều này đặc biệt có hiệu quả khi số lượng nghiệm lớn.

Bài 11.17. Nhà máy điện 1 và 2 có các đặc tính chi phí tương ứng $Z_1 = 0,35 \cdot 10^{-3} P_1^2 + 0,42 P_1 + 3,45$ (tấn than tiêu chuẩn/h)

$$Z_2 = 0,85 \cdot 10^{-3} P_2^2 + 0,39 P_2 + 2,15$$

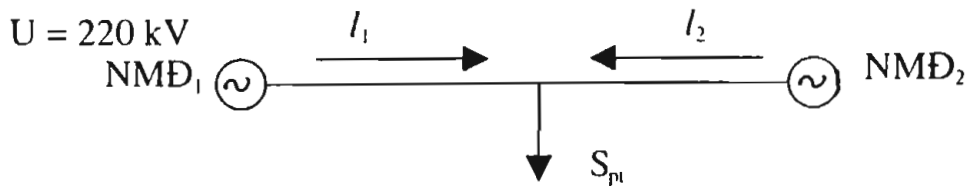
Các nhà máy được hòa vào mạng điện 220 kV (hình 11.8). với phụ tải $S_{pt} = 245$ MVA, hệ số $\cos\varphi = 0,8$. Đường dây từ nhà điểm tải đến nhà máy điện 1 dài 98,6 km và đến nhà máy 2 là 67,3 km được làm bằng dây ACO-185.

Hãy phân bố công suất tối ưu của nhà máy và xác định tổng chi phí sản xuất điện năng của hệ thống trong hai trường hợp:

a. Không tính đến hao tổn trong mạng điện.

b. Có tính đến hao tổn.

Cho nhận xét và so sánh kết quả tính toán.



Hình 11.8 Sơ đồ mạng điện bài toán 11.17.

Giải: Trước hết ta xác định các tham số của đường dây: với dây dẫn ACO-185 $r_0 = 0,17$ và $x_0 = 0,263 \Omega/\text{km}$;

$$R_1 = r_0 \cdot l_1 = 0,17 \cdot 98,6 = 16,76 \Omega; \quad X_1 = x_0 \cdot l_1 = 0,263 \cdot 98,6 = 25,93 \Omega$$

$$R_2 = r_0 \cdot l_2 = 0,17 \cdot 67,3 = 11,44 \Omega; \quad X_2 = x_0 \cdot l_2 = 0,263 \cdot 67,3 = 17,7 \Omega$$

Biểu thị công suất

$$S = P + j \cdot Q = S \cdot \cos\varphi + S \cdot \sin\varphi = 245 \cdot 0,8 + 245 \cdot 0,6 = 196 + j147 \text{ MVA}$$

Điều kiện phân bố tối ưu công suất giữa các nhà máy điện là

$$b_1 = b_2;$$

$$b_1 = \frac{\partial Z_1}{\partial P_1} = 2 \cdot 0,35 \cdot 10^{-3} P_1 + 0,42; \quad b_2 = \frac{\partial Z_2}{\partial P_2} = 2 \cdot 0,85 \cdot 10^{-3} P_2 + 0,39;$$

Giải hệ phương trình

$$\left. \begin{aligned} 2 \cdot 0,35 \cdot 10^{-3} P_1 + 0,42 &= 2 \cdot 0,85 \cdot 10^{-3} P_2 + 0,39 \\ P_1 + P_2 &= 196 \end{aligned} \right\}$$

Giải ra ta tìm được $P_1 = 126,33 \text{ MW}$ và $P_2 = 69,67 \text{ MW}$.

Giả thiết sự phân bố công suất phản kháng tỷ lệ với phụ tải tác dụng ta dễ dàng tìm được

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{126,33}{69,67} = 1,81 \rightarrow Q_1 = 1,81 Q_2, \text{ mà } Q_1 + Q_2 = 147$$

nên dễ dàng tìm được $Q_1 = 94,75$ và $Q_2 = 52,25$ MVar;

Xác định hao tổn công suất tác dụng trong mạng

$$\Delta P_1 = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} R_1 = \frac{126,33^2 + 94,75,33^2}{220^2} \cdot 16,76 = 8,636 \text{ MW}$$

$$\Delta P_2 = \frac{69,67^2 + 52,25^2}{220^2} \cdot 11,44 = 1,792 \text{ MW};$$

Công suất phát thực tế của các máy phát

$$P_{I1} = P_1 + \Delta P_1 = 126,33 + 8,262 = 134,97 \text{ MW};$$

$$P_{II} = P_2 + \Delta P_2 = 69,67 + 1,792 = 71,46 \text{ MW}.$$

Chi phí sản xuất điện năng của các nhà máy điện:

$$Z_1 = 0,35 \cdot 10^{-3} \cdot 134,97^2 + 0,42 \cdot 134,97 + 3,45 = 66,51 \text{ TOE/h}$$

$$Z_2 = 0,85 \cdot 10^{-3} \cdot 71,46^2 + 0,39 \cdot 71,46 + 2,15 = 34,36 \text{ TOE/h}$$

Tổng chi phí

$$Z_1 + Z_2 = 66,51 + 34,36 = 100,873 \text{ TOE/h}.$$

3. BÀI TẬP

11.1. Trên thanh cái của lộ tổng đường dây 10 kV dài làm bằng dây AC-120 người ta đo được dòng điện ở thời điểm phụ tải cực đại là $I_M = 8,45$ A, điện áp ở đầu và cuối đường dây tương ứng là 10,5 và 9,86 kV. Hãy xác định hao tổn công suất trên đường dây này.

11.2. Xác định hao tổn công suất trong mạng điện hạ áp, biết số liệu đo đếm tại lộ ra một trạm biến áp như sau: điện năng tiêu thụ trong một ngày đêm ($T = 24$ h) là $A_r = 1480$ kWh, dòng điện lớn nhất tại đầu lộ ra $I_M = 176$ A; Điện áp ở chế độ phụ tải cực đại tại đầu lộ $U_d = 372,6$ V và tại cuối lộ là $U_c = 338,5$ V, hệ số công suất $\cos \varphi = 0,82$. Lộ ra gồm một đường trục bằng dây A-50 dài 360 m và một nhánh rẽ bằng dây A-35 dài 280 m;

11.3. Cũng với các dữ kiện như bài 2, hãy xác định tổn thất điện năng theo 3 phương pháp thông dụng:

- a. phương pháp đặc tính xác suất của phụ tải;
- b. phương pháp dòng điện cực đại;

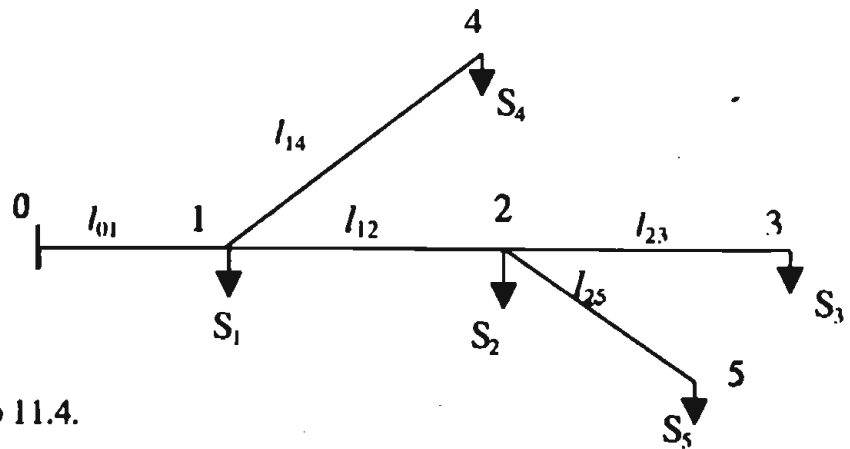
c. phương pháp phân trăm hao tổn công suất cực đại.

So sánh kết quả tính toán giữa các phương pháp .

11.4. Hãy xác định tổn thất điện năng trong mạng điện phân phối 10 kV với sơ đồ cho trên hình 11.9, chỉ số công tơ cho biết tổng điện năng tiêu thụ trong 24 giờ là $A = 13678$ kWh; hệ số công suất $\cos\varphi = 0,831$; dòng điện cực đại do trên lộ tổng là $I_M = 47,97$ A; giá trị điện áp trên thanh cái trạm biến áp là $U_1 = 10$ kV và ở cuối đường trục là $U_2 = 9,7$ kV; các giá trị cho trên đường dây là chiều dài tính bằng km, các trạm biến áp tiêu thụ đặt tại các điểm tải với máy biến áp TM, công suất định mức và hệ số $\cos\varphi$ và hệ số mang tải k_m cho trong bảng 11.3.

Bảng 11.3. Các tham số của mạng điện bài toán 11.4

Trạm	1	2	3	4	5
S, kVA	180	50	320	100	180
k_m	0,67	0,72	0,71	0,68	0,75
Đoạn	0-1	1-2	2-3	1-4	2-5
Dây dẫn	AC-95	AC-70	AC-50	AC-50	AC-50
l , km	3,120	1,870	4,180	4,220	2,780



Hình 11.9.
Sơ đồ mạng điện bài tập 11.4.

11.5. Trạm biến áp 110/10,5 kV có 2 máy TMTГ.6300/110 và TMTГ. 16000/110. Hãy xác định phạm vi làm việc kinh tế của trạm.

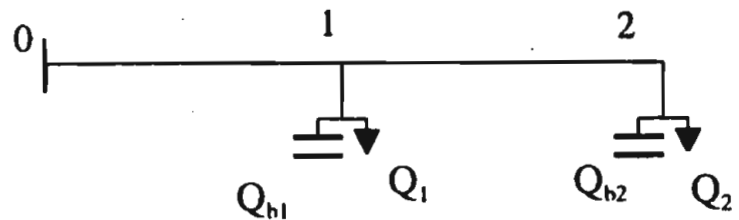
11.6. Trạm biến áp 110/10,5 kV có 4 máy ТРДН -16000/110 , hãy xác định phạm vi làm việc kinh tế của trạm.

11.7. Xác định dung lượng bù công suất phản kháng để nâng hệ số công suất $\cos\varphi$ lên giá trị 0,89, biết các tham số trung bình tại trạm tiêu thụ là $P = 243,66$ kW; $U = 378$ V; $I = 485,65$ A.

11.8. Chỉ số công tơ tác dụng và phản kháng trong thời gian $T = 24$ h cho biết $A_r = 2126,87$ kWh và $A_x = 1985,65$ kVArh. Hãy xác định dung lượng bù vô công cần thiết để nâng hệ số $\cos\varphi_2 = 0,92$.

11.9. Mạng điện hạ áp 0,38 kV dài 0,43 km, làm bằng dây dẫn A-95 cung cấp cho phụ tải với công suất $S = 83,5$ kVA, $\cos\varphi = 0,76$, thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 5000$ h. Hãy xác định giá trị bù công suất phản kháng tối ưu, biết: suất vốn đầu tư của tụ bù là $v_b = 150.10^3$ đ/kVAr; suất tổn thất trong tụ bù $\Delta P_b = 0,004$ kW/kVAr; giá thành tổn thất $c_\Delta = 750$ đ/kWh, tỷ lệ chi phí khấu hao và thu hồi vốn $p = 0,165$.

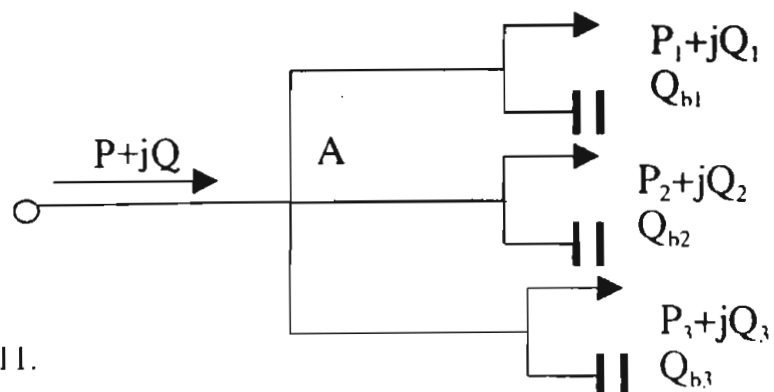
11.10. Hãy xác định dung lượng bù tối ưu cho mạng điện hạ áp 0,38 kV với sơ đồ như hình 11.10, biết: suất vốn đầu tư của tụ bù là $v_b = 145.10^3$ đ/kVAr; suất tổn thất trong tụ bù $\Delta P_b = 0,004$ kW/kVAr; giá thành tổn thất $c_\Delta = 800$ đ/kWh. Công suất phản kháng trong mạng điện là $Q_1 = 32$; và $Q_2 = 27,5$ đương dây được làm bằng dây dẫn A-35 với chiều dài $l_{01} = 280$ m và $l_{12} = 320$ m; tỷ lệ chi phí khấu hao và thu hồi vốn $p = 0,165$; thời gian vận hành trong năm $t = 8760$ h; thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 4690$ h.



Hình 11.10.
Sơ đồ mạng điện bài tập 11.10.

11.11. Mạng điện hạ áp 0,38 kV hình 11.11, cung cấp cho 3 phân xưởng với phụ tải tương ứng S_i , điện trở của các đoạn dây từ tủ phân phối A đến các phân xưởng R_i cho trong bảng. Hãy phân phối công suất phản kháng cho các phân xưởng, biết tổng công suất cần bù là $Q_b = 150$ kVAr, coi hệ số đồng thời bằng 1.

	1	2	3
S, kVA	122,5	75,4	53,67
$\cos\varphi$	0,72	0,73	0,76
R, Ω	0,21	0,305	0,19



Hình 11.11.
Sơ đồ mạng điện bài tập 11.

11.12. Trạm biến áp với máy TM.560/10 cung cấp điện cho một xí nghiệp với phụ tải $S = 372$ kVA hệ số $\cos\varphi = 0,73$, công suất phản kháng cần bù được xác định là $Q_b = 175$ kVAr. Hãy chọn điểm đặt tối ưu cho các cơ cấu bù, biết suất vốn đầu tư cho tụ cao áp là $v_c = 85 \cdot 10^3$ và của tụ hạ áp là $v_h = 150 \cdot 10^3$ đồng/kVAr, thời gian hao tổn cực đại $\tau = 3120$ h; giá thành hao tổn điện năng $c_\Delta = 750$ đồng/kWh, hệ số sử dụng hiệu quả vốn đầu tư và khấu hao thiết bị là $p = 0,165$.

11.13. Nhà máy điện có hai tổ máy với các đặc tính

$$Z_1 = (1,75P_1^2 + 173,5 P_1 + 2160) \cdot 10^2 \text{ đ/h}$$

$$Z_2 = (2,05P_2^2 + 132,5 P_2 + 2730) \cdot 10^2$$

Phụ tải $P_m = 650$ MW. Hãy phân bố công suất giữa các tổ máy sao cho có hiệu quả nhất và xác định tổng chi phí của toàn nhà máy.

11.14. Hãy phân bố công suất tối ưu cho các tổ máy của một nhà máy nhiệt điện gồm 4 tổ máy với các hàm chi phí sản xuất tương ứng là

$$Z_1 = (0,316 \cdot P_1^2 + 78,50 + 2147,66)10^3 \text{ đ/h}$$

$$Z_2 = (0,256 P_2^2 + 95,67 \cdot P_2 + 2358,55)10^3, \text{ đ/h}$$

$$Z_3 = (0,179 P_3^2 + 105,36 \cdot P_3 + 1987,68)10^3, \text{ đ/h}$$

$$Z_4 = (0,237 P_4^2 + 88,72 \cdot P_4 + 2115,23)10^3, \text{ đ/h}$$

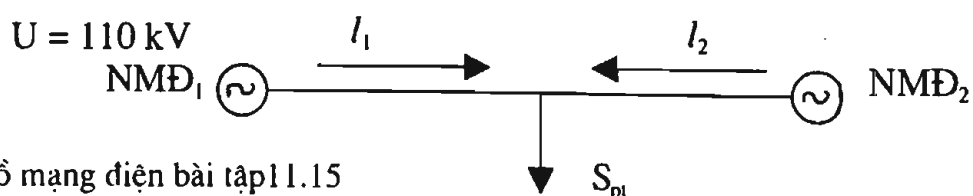
Biết phụ tải yêu cầu của hệ thống điện quốc gia là 350 MW,

tức là $P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 540$ MW

11.15. Nhà máy điện 1 và 2 có các đặc tính chi phí tương ứng là

$$Z_1 = 20 \cdot 10^{-4} P_1^2 + 0,67 P_1 + 54,78 \text{ TOE/h; (tấn than tiêu chuẩn/h);}$$

$$Z_2 = 31 \cdot 10^{-4} P_2^2 + 0,38 P_2 + 47,5$$



Hình 11.12 Sơ đồ mạng điện bài tập 11.15

Các nhà máy được hòa vào mạng điện 110 kV với phụ tải $S_{pt} = 240$ MVA hệ số $\cos\varphi = 0,82$. Đường dây từ nhà máy 1 đến điểm tải dài $l_1 = 97,65$ km được làm bằng dây ACO-240 và từ nhà máy 2 dài $l_2 = 67,42$ km bằng dây dẫn ACO-185. Hãy phân bố công suất tối ưu của các nhà máy và xác định tổng chi phí sản xuất điện năng của hệ thống theo 2 phương pháp:

- a. không xét đến ảnh hưởng của tổn thất trên đường dây;
- b. Có xét đến ảnh hưởng của tổn thất công suất trên đường dây.

11.16: Nhà máy điện 1 và 2 có các đặc tính chi phí tương ứng là

$$Z_1 = 5,6 \cdot 10^{-4} P_1^2 + 0,53 P_1 + 4,78 \text{ TOE/h; (tấn than tiêu chuẩn/h);}$$

$$Z_2 = 3,6 \cdot 10^{-4} P_2^2 + 0,78 P_2 + 5,25$$

Các nhà máy được hòa vào mạng điện 220 kV với phụ tải $S_{pt} = 600 \text{ MVA}$ hệ số $\cos\varphi = 0,82$. Đường dây từ nhà máy 1 đến điểm tải dài $l_1 = 105,45 \text{ km}$ được làm bằng dây ACO.240 và từ nhà máy 2 dài $l_2 = 85,67 \text{ km}$ bằng dây dẫn ACO.185. Hãy phân bố công suất tối ưu của các nhà máy và xác định tổng chi phí sản xuất điện năng của hệ thống theo 2 phương pháp:

- a. kinh điển;
- b. Lagrange.

Chương 12

KỸ THUẬT CHIẾU SÁNG

1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1.1. Một số tham số và đặc tính cơ bản của chiếu sáng

1.1.1. Quang thông

Quang thông là thông lượng bức xạ có tính đến sự cảm nhận của mắt người, được xác định theo biểu thức

$$F = k \int_{\lambda=380}^{780} P(\lambda) \cdot v(\lambda) d\lambda ; \text{ lm}, \quad (12.1)$$

trong đó:

$P(\lambda)$ – hàm phân bố năng lượng bức xạ, W;

v - hàm độ nhạy cảm tương đối;

k – hệ số chuyển đổi đơn vị.

Hiệu suất phát quang

$$\eta = \frac{F}{P}, \text{ lm/W} \quad (12.2)$$

1.1.2. Cường độ sáng I

Cường độ sáng là mật độ không gian của quang thông do nguồn bức xạ

$$I = \frac{F}{\Omega}, \text{ cd}; \quad (12.3)$$

Ω - góc khối hay góc đặc trong không gian, có đơn vị là steradian (Sr)

$$\Omega = \frac{S}{R^2}; \quad (12.4)$$

S - diện tích bao nhìn; R – bán kính của hình cầu;

$$\Omega_{\text{Max}} = \frac{S}{R^2} = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi \quad (12.5)$$

1.1.3. Độ rọi E: Độ rọi là mật độ quang thông trên bề mặt chiếu sáng

$$E = \frac{F}{S} \cos\alpha, \text{ lx (lux);} \quad (12.6)$$

α - góc xiên từ nguồn sáng đến bề mặt S so với phương thẳng góc.

$$E = \frac{F}{S} \cos\alpha = \frac{\Omega \cdot I}{S} \cos\alpha = \frac{S \cdot I}{R^2 S} \cos\alpha = \frac{I}{R^2} \cos\alpha; \quad (12.7)$$

Nếu $\cos\alpha = 1$ thì

$$E = \frac{I}{R^2} \quad (12.8)$$

1.1.4. Độ chói L

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos\alpha} \text{ cd/m}^2 \quad (12.9)$$

Độ chói của bề mặt phản xạ

$$L_\rho = \frac{\rho}{\pi} E \quad (12.10)$$

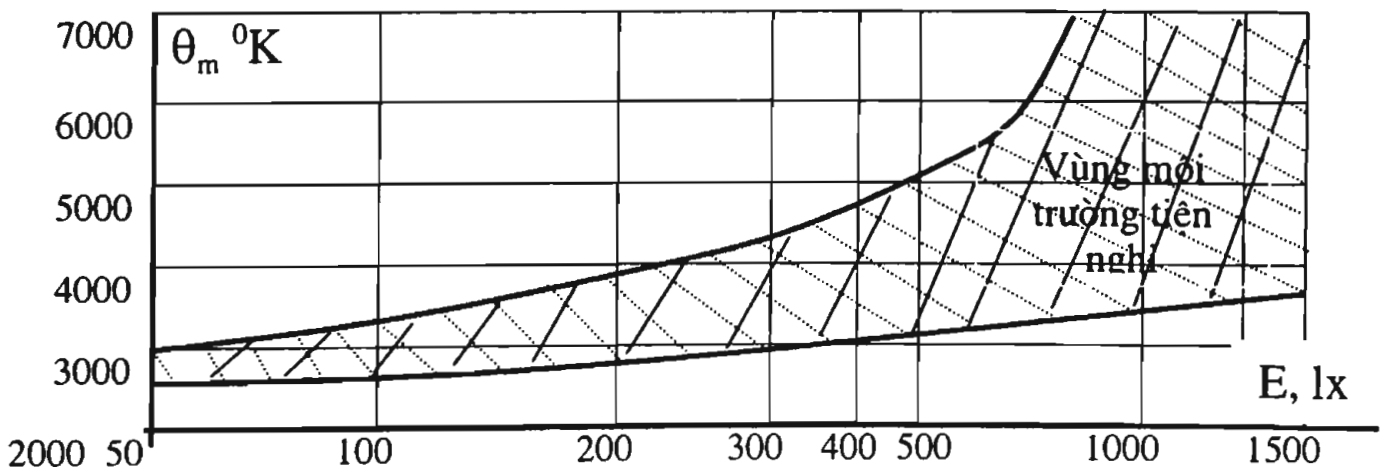
Độ chói của bề truyền sáng

$$L_\tau = \frac{\tau}{\pi} E, \quad (12.11)$$

trong đó: ρ - hệ số phản xạ của bề mặt chiếu sáng;

τ - hệ số truyền sáng (khúc xạ) của bề mặt chiếu sáng.

1.1.5. Nhiệt độ màu và tiện nghi môi trường sáng



Hình 12.1. Biểu đồ môi trường sáng Kruithof.

1.2. Thiết kế chiếu sáng nội thất

1.2.1. Chọn độ rọi yêu cầu

Bảng 12.1. Độ rọi yêu cầu của một số địa điểm chiếu sáng

Nội thất chiếu sáng	E_{yc}, lx	Nội thất chiếu sáng	E_{yc}, lx
Văn phòng	150÷200	Phòng đọc	200÷250
Phòng thiết kế, vẽ	250÷300	Giảng đường	200÷250
Phòng chờ	100÷150	Nhà xưởng	50÷100
Hành lang, cầu thang	50÷100	Nhà bếp	50÷100

Bảng 12.2. Độ rọi yêu cầu (Theo AFE - Hội chiếu sáng Pháp)

Loại chiếu sáng	E_{yc}, lx	Loại công việc hoặc hoạt động
Chung, nơi hoạt động gián đoạn	20÷30	Tối thiểu cho lối đi bên ngoài
	30÷45	Sân và kho
	50÷75	Bãi xe, lối đi, hành lang
	100	Bến cảng, bến xe, nơi bốc dỡ hàng
	150	Cửa hàng
Chung, nơi làm việc liên tục	200	Tối thiểu khi phải nhìn chi tiết.
	300	Cơ khí thô, đọc, viết
	500	Cơ khí trung bình, đánh máy, in
	750	Phòng vẽ
	1000	Cơ khí tinh, chạm khắc, so sánh màu

1.2.2. Chọn kiểu bóng đèn: Bóng đèn được chọn theo các tiêu chí sau

Nhiệt độ màu θ_m áp dụng biểu đồ Kruithof;

Chỉ số hoàn màu IRC;

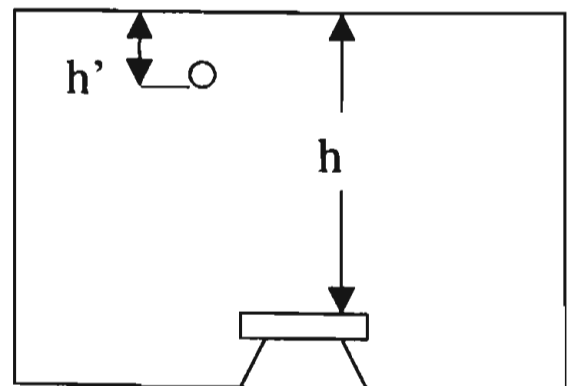
Hiệu suất sáng và tuổi thọ bóng đèn.

Chọn kiểu chiếu sáng và kiểu đèn:

1.2.3. Chọn độ cao treo đèn

Tỷ số treo đèn

$$J = \frac{h'}{h + h'}$$



Hình 12.2. Bố trí độ cao treo đèn.

Thường thì $h \geq 2.h'$ nên

$$0 \leq j \leq 1/3.$$

1.2.4. Bố trí đèn và xác định số lượng đèn tối thiểu để đảm bảo độ đồng đều của chiếu sáng

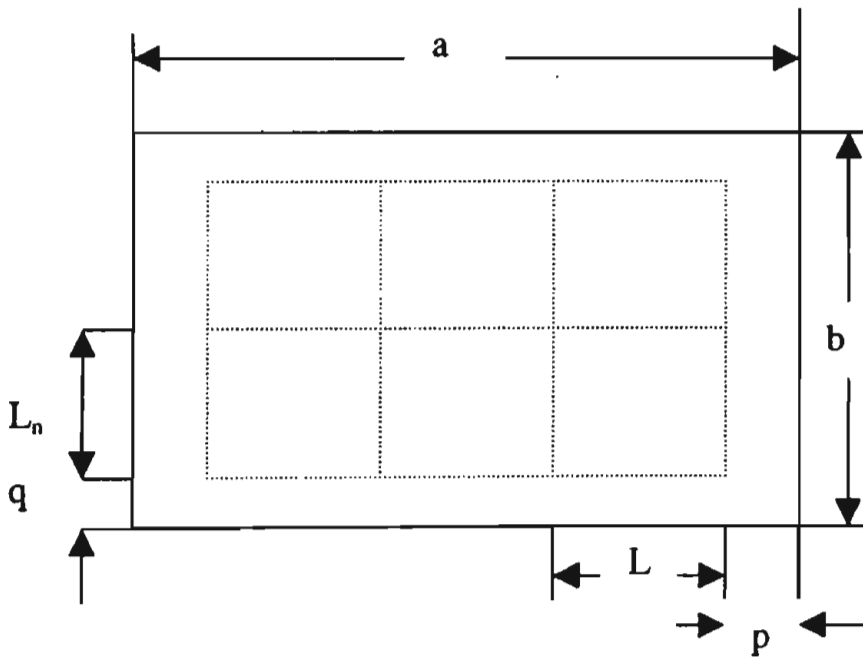
Bảng 12.3. Tỷ số L/h của các loại đèn chiếu sáng

Loại đèn	A	B	C	D	E÷H	I, J	K÷S	T
$(L/h)_{\max}$	0,5	0,8	1	1,2	1,5	1,7	2,5	≤ 3

Trong trường hợp thiếu thông tin thì có thể lấy tỷ số L/h gần đúng như sau:

Bảng 12.4. Tỷ số L/h phụ thuộc vào cách bố trí đèn và nơi chiếu sáng

Nơi chiếu sáng và loại chao đèn	Bố trí nhiều dãy		Bố trí một dãy	
	Tối ưu	Cực đại	Tối ưu	Cực đại
Ngoài trời, chao mờ	2,0	2,9	1,6	2,3
Phân xưởng, chao vụn năng	1,5	2,2	1,5	1,7
Văn phòng, giảng đường	1,3	1,5	1,2	1,5



Hình 12.3. Phân bố đèn theo điều kiện đồng đều ánh sáng.

Để đảm bảo độ đồng đều ánh sáng tại mọi điểm, khoảng cách từ các đường biên phải thoả mãn điều kiện

$$\frac{L_d}{3} \leq q \leq \frac{L_d}{2}; \tag{12.13}$$

$$\frac{L_n}{3} \leq p \leq \frac{L_n}{2}; \quad (12.14)$$

L_d, L_n – khoảng cách giữa các đèn theo chiều dọc và ngang.

Số lượng đèn tối thiểu đảm bảo cho chiếu sáng đồng đều ký hiệu là N_{min} .

1.2.5. Xác định tổng quang thông của các đèn chiếu sáng

$$F_{\Sigma} = \frac{E_{yc} S \cdot k_{dt}}{\eta \cdot k_{ld}}, \quad (12.15)$$

trong đó:

E_{yc} - độ rọi yêu cầu, lx;

S – diện tích bề mặt chiếu sáng, m²;

η - hiệu suất của đèn (có giá trị trong khoảng 0,5÷0,7);

k_{dt} - hệ số dự trữ, thường lấy bằng 1,2÷1,3;

k_{ld} – hệ số lợi dụng quang thông của đèn.

Hệ số lợi dụng quang thông của đèn phụ thuộc vào hệ số không gian k_{kg} , các hệ số phản xạ của tường, trần và nền.

Hệ số không gian được xác định theo biểu thức

$$k_{kg} = \frac{a \cdot b}{h(a + b)}; \quad (12.16)$$

a, b và h là các kích thước của phòng chiếu sáng như đã nói ở trên.

Bảng 12.5. Giá trị của các hệ số phản xạ, %

Đặc điểm của tường, trần và nền	ρ	Đặc điểm của tường, trần và nền	ρ
Màu trắng, thạch cao	0,8	Gạch, đỏ, màu rực rỡ	0,3
Màu sáng, nhạt	0,7	Màu tối	0,1
Vàng, lục, xi măng	0,5		

1.2.6. Xác định số lượng đèn cần thiết

$$N = \frac{F_{\Sigma}}{F_d}; \quad (12.17)$$

F_d – quang thông của đèn.

$$F_J = \frac{F_\Sigma}{N}; \quad (12.18)$$

1.2.7. Kiểm tra độ rọi tại các điểm chiếu sáng

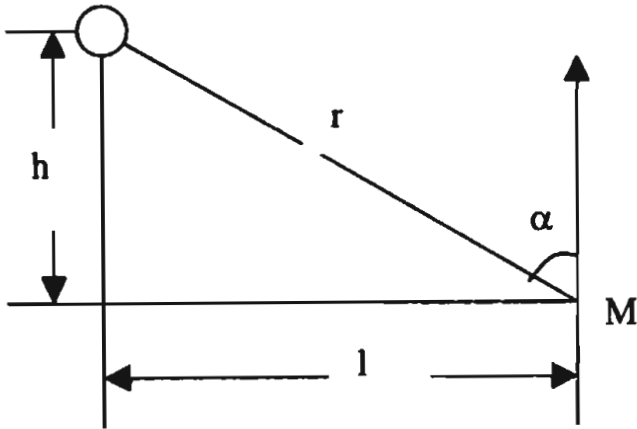
a. Kiểm tra độ rọi trung bình trên bề mặt chiếu sáng

$$E = \frac{E_J \cdot N \cdot \eta \cdot k_{\text{đ}}}{a \cdot b \cdot k_{\text{đ}}}. \quad (12.19)$$

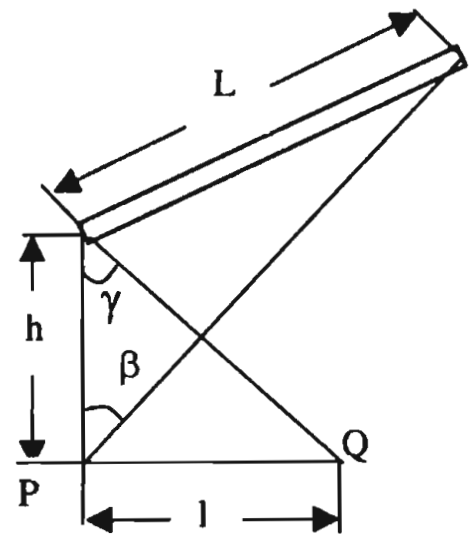
b. Kiểm tra độ rọi trên bề mặt chiếu sáng khi chỉ có một nguồn sáng duy nhất

* Đối với nguồn sáng điểm:

$$E_M = \frac{I \cos^3 \alpha}{h^2}; \quad (12.20)$$



Hình 12.4. Tính toán độ rọi với nguồn sáng điểm.



Hình 12.5. Tính toán độ rọi với nguồn sáng đường.

* Đối với nguồn sáng đường:

$$E_p = \frac{I_c}{2h} \left(\frac{L \cdot h}{L^2 + h^2} + \beta \right) \quad (12.21)$$

Với $\beta = \arctg \frac{L}{h}$

I_c – cường độ sáng trên một đơn vị chiều dọc đèn ống

$$I_c = \frac{F}{\pi^2 L} = \frac{F}{9,86 \cdot L}; \quad (12.22)$$

F – quang thông tổng phát ra từ nguồn sáng $F = \eta P_{\text{đ}}$,

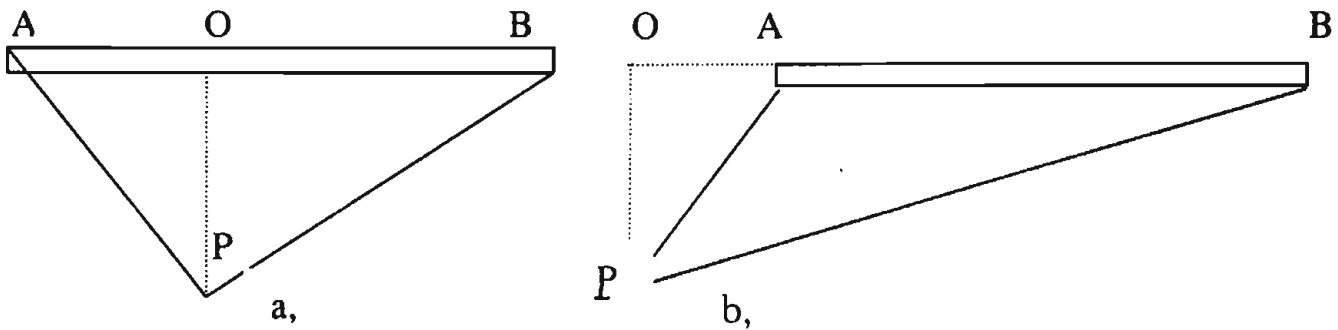
η - hiệu suất của bóng đèn;

P_d - công suất của bóng đèn.

Đối với đèn khuếch tán hoàn toàn thì

$$I_c = \frac{F}{9,25L} \quad (12.23)$$

Độ rọi tại điểm P trong các trường hợp đặc biệt như hình 12.6.



Hình 12.6. Tính toán độ rọi tại điểm P:
 a, khi O nằm trong AB; b, khi O nằm ngoài
 $E_P = E_{AO} + E_{OB};$ $E_P = E_{OB} - E_{OA}$

Độ rọi tại điểm Q trên bề mặt làm việc cách điểm P một khoảng l

$$E_q = E_p \cdot \cos \gamma; \quad (12.24)$$

trong đó : $\gamma = \arctg \frac{l}{h};$

2. BÀI GIẢI MẪU

Bài 12. 1. Khi Mặt Trời ở thiên đỉnh sẽ tạo ra một độ rọi trên bề mặt Trái Đất là $E = 116.10^3 \text{ lx}$. Bán kính của Trái Đất là $r_d = 6300 \text{ km}$. Hỏi:

- Quang thông bức xạ của Mặt Trời xuống Trái Đất ?
- Cường độ sáng bức xạ từ Mặt Trời, biết khoảng cách giữa Trái Đất và Mặt Trời là $d = 150.10^6 \text{ km}$;
- Độ chói quan sát từ Trái Đất? Bán kính của Mặt Trời $R_{Mt} = 695.10^3 \text{ km}$.

Giải:

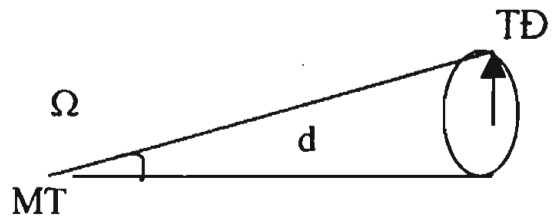
a. Coi quang thông do Mặt Trời bức xạ xuống Trái Đất sẽ rơi vào bề mặt $\pi \cdot r_d^2$ vuông góc với hướng MT-TĐ

Khi đó $F = E \cdot S = E \cdot \pi r_d^2$

$$F = 116 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot (6,3)^2 \cdot 10^{12} = 145 \cdot 10^{17}, \text{ lm.}$$

b. Góc nhìn Trái Đất từ Mặt Trời

$$\Omega_t = \frac{\pi \cdot r_d^2}{d^2} = \frac{3,14 \cdot 6300^2}{150^2 \cdot 10^{12}} = 5,54 \cdot 10^{-9} \text{ Sr;}$$



Cường độ bức xạ từ Mặt Trời

$$I = \frac{F}{\Omega} = \frac{145 \cdot 10^{17}}{5,54 \cdot 10^{-9}} = 26,17 \cdot 10^{26} \text{ cd;}$$

c. Đối với người quan sát từ Trái Đất thì độ chói của Mặt Trời như bức xạ từ mặt tròn \$\pi R_1^2\$ nhìn từ Trái Đất:

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha} = \frac{26,17 \cdot 10^{26}}{3,14 \cdot 695^2 \cdot 10^{12}} = 1,72 \cdot 10^9 \text{ cd/m}^2$$

Coi ánh sáng chiếu thẳng với \$\cos \alpha = 1\$.

Bài 12. 2. Một ngọn đèn điện 75 W/220V treo ở độ cao \$h=1,35\$ m so với bề mặt làm việc, phát quang theo mọi hướng với \$F = 970\$ lm. Hãy xác định:

a- Độ rọi trên bề mặt làm việc tại điểm 1 thẳng góc với đèn.

b- Độ rọi tại điểm 2 cách điểm 1 là \$l = 0,6\$ m theo phương nằm ngang.

c- Độ chói của quyển sách tại điểm 2, biết \$\rho = 0,75\$.

d- Đặt bóng đèn trong quả cầu thủy tinh mờ có đường kính là 0,25 m với hệ số truyền sáng \$\tau = 0,85\$, xác định độ chói của quả cầu này.

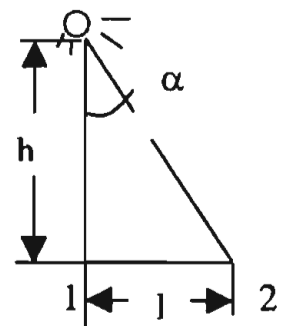
Giải: Do đèn chiếu theo mọi hướng nên góc khối

$$\Omega = \Omega_{\max} = 4\pi$$

Cường độ sáng của bóng đèn

$$I = \frac{F}{\Omega} = \frac{970}{4 \cdot 3,14} = 77,2 \text{ cd}$$

Hình 12.7. Tính toán độ rọi với nguồn sáng điểm bài 12.2.



a. Xác định độ rọi tại điểm 1:

Tại điểm 1 thẳng góc với đèn góc \$\alpha = 0\$, tức \$\cos \alpha = 1\$ vậy độ rọi

$$E_1 = \frac{I \cdot \cos \alpha}{h^2} = \frac{77,2 \cdot 1}{1,35^2} = 42,36 \text{ lx.}$$

b. Độ rọi tại điểm 2: $\alpha = \arctg \frac{l}{h} = \arctg \frac{0,6}{1,35} \Rightarrow \cos \alpha = 0,914$

$$E_2 = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{77,2 \cdot 0,914^3}{1,35^2} = 32,33 \text{ lx.}$$

c. Độ chói của trang giấy xác định theo biểu thức Lambert

$$L_p = \frac{\rho \cdot E_2}{\pi} = \frac{0,75 \cdot 32,33}{3,14} = 7,72 \text{ cd/m}^2.$$

d. Sau khi xuyên qua cầu thủy tinh cường độ sáng của đèn có độ chói

$$L_c = \frac{\tau I}{S_c} = \frac{0,85 \cdot 77,2}{3,14 \cdot 0,125^2} = 1337,134 \text{ cd/m}^2.$$

Bài 12.3. Một ngọn đèn điện gồm 2 bóng đèn sợi đốt 100 W/220V treo ở độ cao 1,5 m so với bề mặt làm việc, phát quang theo mọi hướng với $F = 2 \times 1390 \text{ lm}$. Hãy xác định:

a- Độ rọi trên bề mặt làm việc tại điểm 1 thẳng góc với đèn.

b- Độ rọi tại điểm 2 cách điểm 1 là 0,84 m theo phương nằm ngang.

c- Độ chói của bề mặt tại điểm 2, biết $\rho = 0,75$.

d- Đặt bóng đèn trong quả cầu thủy tinh mờ có đường kính là 0,35 m với hệ số truyền sáng $\tau = 0,85$, xác định độ chói của quả cầu này.

Giải: Do đèn chiếu theo mọi hướng nên góc khối

$$\Omega = 4\pi$$

Cường độ sáng của bóng đèn

$$I = \frac{F}{\Omega} = \frac{2 \cdot 1390}{4 \cdot 3,14} = 221,27 \text{ cd};$$

a. Xác định độ rọi tại điểm 1:

Tại điểm 1 thẳng góc với đèn góc $\alpha = 0$, tức $\cos \alpha = 1$ vậy độ rọi

$$E_1 = \frac{I \cdot \cos \alpha}{h^2} = \frac{221,27 \cdot 1}{1,5^2} = 98,34 \text{ lx.}$$

b. Độ rọi tại điểm 2: $\alpha = \arctg \frac{l}{h} = \arctg \frac{0,84}{1,5} \Rightarrow \cos \alpha = 0,872$

$$E_2 = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{221,34 \cdot 0,872^3}{1,5^2} = 32,33 \text{ lx.}$$

c. Độ chói của trang giấy xác định theo biểu thức Lambert

$$L_p = \frac{\rho \cdot E_2}{\pi} = \frac{0,75 \cdot 32,33}{3,14} = 7,56 \text{ cd/m}^2.$$

d. Sau khi xuyên qua cầu thủy tinh cường độ sáng của đèn có độ chói

$$L_c = \frac{\tau I}{S_c} = \frac{0,85 \cdot 221,34}{3,14 \cdot 0,175^2} = 1955,2 \text{ cd/m}^2.$$

Bài 12. 4. Một ngọn đèn điện gồm 1 bóng đèn Halogen 120 W/220V treo ở độ cao 1,5 m so với bề mặt làm việc, phát quang theo mọi hướng với $F = 9300 \text{ lm}$. Hãy xác định:

a- Độ rọi trên bề mặt làm việc tại điểm 1 thẳng góc với đèn.

b- Độ rọi tại điểm 2 cách điểm 1 là 0,84 m theo phương nằm ngang.

c- Độ chói của bề mặt tại điểm 2, biết $\rho = 0,75$.

d- Đặt bóng đèn trong quả cầu thủy tinh mờ có đường kính là 0,35 m với hệ số truyền sáng $\tau = 0,85$, xác định độ chói của quả cầu này.

Giải: Do đèn chiếu theo mọi hướng nên góc khối

$$\Omega = 4\pi$$

Cường độ sáng của bóng đèn

$$I = \frac{F}{\Omega} = \frac{9300}{4 \cdot 3,14} = 740,21 \text{ cd;}$$

a. Xác định độ rọi tại điểm 1:

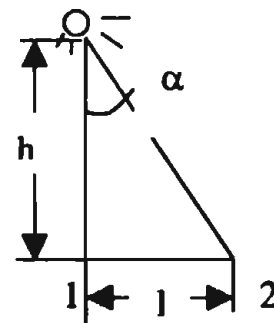
Tại điểm 1 thẳng góc với đèn góc $\alpha = 0$, tức $\cos \alpha = 1$

vậy độ rọi

$$E_1 = \frac{I \cdot \cos \alpha}{h^2} = \frac{740,21 \cdot 1}{1,5^2} = 329 \text{ lx.}$$

b. Độ rọi tại điểm 2: $\alpha = \arctg \frac{l}{h} = \arctg \frac{0,84}{1,5} \Rightarrow \cos \alpha = 0,872$

$$E_2 = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{740,21 \cdot 0,872^3}{1,5^2} = 218,51 \text{ lx.}$$



Hình 12.8. Tính toán độ rọi với nguồn sáng điểm bài 12.4.

c. Độ chói của bề mặt chiếu sáng xác định theo biểu thức Lambert

$$L_p = \frac{\rho \cdot E_2}{\pi} = \frac{0,75 \cdot 218,51}{3,14} = 52,18 \text{ cd/m}^2.$$

d. Sau khi xuyên qua cầu thủy tinh cường độ sáng của đèn có độ chói

$$L_c = \frac{\tau I}{S_c} = \frac{0,85 \cdot 740,21}{3,14 \cdot 0,175^2} = 6540,79 \text{ cd/m}^2.$$

Bài 12.5: Một đèn huỳnh quang dài $L = 1,2 \text{ m}$ có công suất 40 W với hiệu suất phát quang $\eta = 50 \text{ lm/W}$, được treo ở độ cao $h = 1,45 \text{ m}$ so với bề mặt làm việc. Hãy tính độ rọi tại điểm P trên bề mặt làm việc thẳng góc với đèn và độ rọi tại điểm Q trên bề mặt làm việc, cách điểm P một khoảng $l = 1,67 \text{ m}$ theo phương nằm ngang (coi đèn khuếch tán hoàn toàn).

Giải: Trước hết ta xác định quang thông của bóng đèn

$$F = \eta \cdot P = 50 \cdot 40 = 2000 \text{ lm}$$

Cường độ ánh sáng

$$I_c = \frac{F}{9,25 \cdot L} = \frac{2000}{9,25 \cdot 1,2} = 180,12 \text{ cd}$$

$$\beta = \arctg \frac{L}{h} = \arctg \frac{1,2}{1,45} = 0,69 \text{ rad.}$$

$$\Rightarrow \cos \beta = 0,77 \text{ và } \sin \beta = 0,637;$$

$$\gamma = \arctg \frac{l}{h} = \arctg \frac{1,67}{1,45} = 0,855 \text{ rad,}$$

$$\Rightarrow \cos \gamma = 0,656;$$

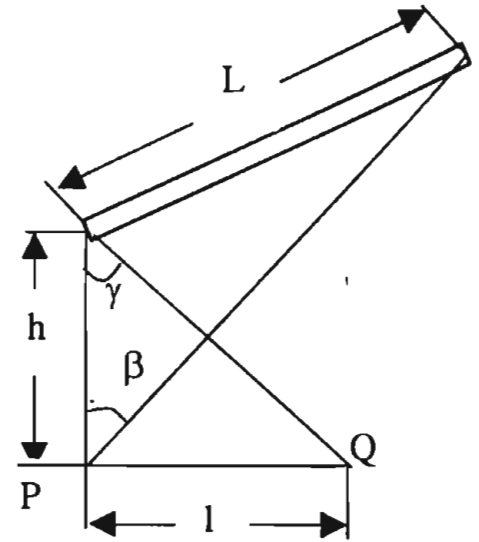
Độ rọi tại điểm P trên mặt phẳng làm việc thẳng góc với đèn

$$E_p = \frac{I_c}{2h} \left(\frac{L \cdot h}{L^2 + h^2} + \beta \right) = \frac{I_c}{2h} (\sin \beta \cdot \cos \beta + \beta)$$

$$E_p = \frac{180,12}{2 \cdot 1,45} \left(\frac{1,2 \cdot 1,45}{(1,2^2 + 1,45^2)} + 0,69 \right) = 73,47 \text{ lx;}$$

Độ rọi tại điểm Q

$$E_q = E_p \cdot \cos \gamma = 73,47 \cdot 0,656 = 48,17 \text{ lx.}$$



Hình 12.9. Tính toán độ rọi với nguồn sáng đường bài 12.5.

Bài 12.6. Một đèn huỳnh quang mã hiệu TFP36 dài $L = 1,2$ m được treo ở độ cao $h = 1,45$ m so với bề mặt làm việc. Hãy tính độ rọi tại điểm P trên bề mặt làm việc thẳng góc với đèn và độ rọi tại điểm Q trên bề mặt làm việc, cách điểm P một khoảng $l = 1,67$ m theo phương nằm ngang.

Giải: Theo mã hiệu của đèn ta xác định các tham số : công suất $P = 36$ W, quang thông $F = 3450$ lm (bảng 45.pl) [1]

Cường độ sáng của đèn

$$I_c = \frac{F}{9,86.L} = \frac{3450}{9,86.1,2} = 291,58 \text{ cd}$$

$$\beta = \arctg \frac{L}{h} = \arctg \frac{1,2}{1,45} = 0,69 \text{ rad.} \Rightarrow \cos\beta = 0,77 \text{ và } \sin\beta = 0,637$$

$$\gamma = \arctg \frac{l}{h} = \arctg \frac{1,67}{1,45} = 0,855 \text{ rad,} \Rightarrow \cos\gamma = 0,656$$

Độ rọi tại điểm P trên mặt phẳng làm việc thẳng góc với đèn

$$E_p = \frac{I_c}{2h} \left(\frac{L.h}{L^2 + h^2} + \beta \right) = \frac{I_c}{2h} (\sin\beta.\cos\beta + \beta)$$

$$E_p = \frac{291,58}{2.1,45} \left(\frac{1,2.1,45}{(1,2^2 + 1,45^2)} + 0,69 \right) = 118,9 \text{ lx}$$

Độ rọi tại điểm Q

$$E_q = E_p.\cos\gamma = 118,9. 0,656 = 77,95 \text{ lx.}$$

Bài 12.7. Một ngọn đèn gồm 2 bóng huỳnh quang mã hiệu F36W-C-W-DT8 dài $L = 1,2$ m được treo ở độ cao $h = 1,55$ m so với bề mặt làm việc. Hãy tính độ rọi tại điểm P trên bề mặt làm việc thẳng góc với đèn và độ rọi tại điểm Q trên bề mặt làm việc, cách điểm P một khoảng $l = 2$ m theo phương nằm ngang.

Giải: Theo mã hiệu của đèn ta xác định các tham số : công suất $P = 36$ W, quang thông $F = 2850$ lm (bảng 45.pl) [1].

Cường độ sáng của đèn

$$I_c = \frac{F}{9,86.L} = \frac{2.2850}{9,86.1,2} = 481,744 \text{ cd}$$

$$\beta = \arctg \frac{L}{h} = \arctg \frac{1,2}{1,55} = 0,66 \text{ rad.} \Rightarrow \cos\beta = 0,79 \text{ và } \sin\beta = 0,61$$

$$\gamma = \arctg \frac{l}{h} = \arctg \frac{2}{1,55} = 0,911 \text{ rad}, \Rightarrow \cos \gamma = 0,61$$

Độ rọi tại điểm P trên mặt phẳng làm việc thẳng góc với đèn

$$E_p = \frac{I_c}{2h} \left(\frac{L \cdot h}{L^2 + h^2} + \beta \right) = \frac{I_c}{2h} (\sin \beta \cdot \cos \beta + \beta)$$

$$E_p = \frac{481,74}{2 \cdot 1,55} \left(\frac{1,2 \cdot 1,55}{(1,2^2 + 1,55^2)} + 0,66 \right) = 177,6 \text{ lx};$$

Độ rọi tại điểm Q

$$E_q = E_p \cdot \cos \gamma = 177,6 \cdot 0,61 = 108,79 \text{ lx}.$$

Bài 12.8. Một đèn huỳnh quang mã hiệu TFP36 dài $L = 1,2 \text{ m}$ được treo ở độ cao $h = 1,5 \text{ m}$ so với bề mặt làm việc. Hãy tính độ rọi tại điểm P trên bề mặt làm việc thẳng góc với điểm O (nằm giữa A và B) cách đầu A của đèn một đoạn $l_{AO} = \frac{L}{3}$ và độ rọi tại điểm Q trên bề mặt làm việc, cách điểm P một khoảng $l = 1,6 \text{ m}$ theo phương nằm ngang.

Giải: Theo mã hiệu của đèn ta xác định

các tham số: công suất $P = 36 \text{ W}$,

quang thông $F = 2850 \text{ lm}$ (bảng 45.pl) [1].

Cường độ sáng của đèn

$$I_c = \frac{F}{9,86 \cdot L} = \frac{2850}{9,86 \cdot 1,2} = 240,87 \text{ cd}$$

Ta coi như đèn được chia thành 2 phần:

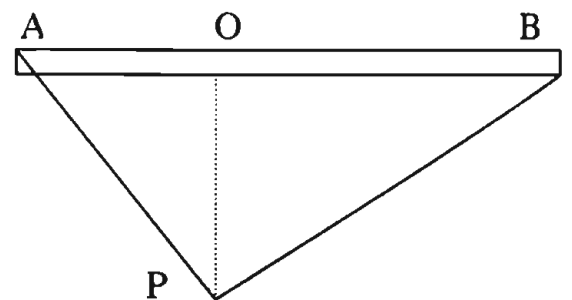
nửa thứ nhất có chiều dài $L_1 = \frac{L}{3} = \frac{1,2}{3} = 0,4 \text{ m}$

nửa thứ hai dài $L_2 = L - L_1 = 1,2 - 0,4 = 0,8 \text{ m}$

$$\beta_1 = \arctg \frac{L_1}{h} = \arctg \frac{0,4}{1,5} = 0,26 \text{ rad}. \Rightarrow \cos \beta = 0,966$$

$$\beta_2 = \arctg \frac{L_2}{h} = \arctg \frac{0,8}{1,5} = 0,49 \text{ rad}. \Rightarrow \cos \beta = 0,882$$

$$\gamma = \arctg \frac{l}{h} = \arctg \frac{2}{1,55} = 0,911 \text{ rad}, \Rightarrow \cos \gamma = 0,61;$$



Hình 12.10. Tính toán độ rọi với nguồn sáng đường bài 12.8.

Xác định các thành phần độ rọi

$$E_{AO} = \frac{I_c}{2h} \left(\frac{L_1 \cdot h}{L_1^2 + h^2} + \beta_1 \right) = \frac{240,87}{2 \cdot 1,5} \left(\frac{0,4 \cdot 1,5}{(0,4^2 + 1,5^2)} + 0,26 \right) = 40,91 \text{ lx}$$

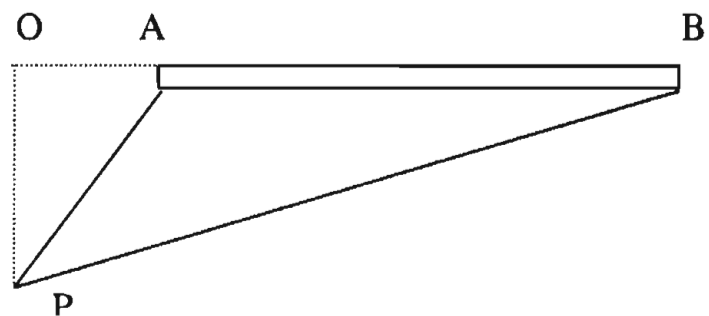
$$E_{BO} = \frac{I_c}{2h} \left(\frac{L_2 \cdot h}{L_2^2 + h^2} + \beta_2 \right) = \frac{240,87}{2 \cdot 1,5} \left(\frac{0,8 \cdot 1,5}{(0,8^2 + 1,5^2)} + 0,49 \right) = 72,68 \text{ lx}$$

Độ rọi tại điểm P: $E_p = E_{AO} + E_{BO} = 40,91 + 72,68 = 113,59 \text{ lx}$

Độ rọi tại điểm Q

$$E_q = E_p \cdot \cos \gamma = 113,59 \cdot 0,61 = 77,69 \text{ lx.}$$

Bài 12.9. Một đèn huỳnh quang mã hiệu TFP36 dài $L = 1,2 \text{ m}$ được treo ở độ cao $h = 1,5 \text{ m}$ so với bề mặt làm việc. Hãy tính độ rọi tại điểm P trên bề mặt làm việc thẳng góc với điểm O (nằm ngoài đoạn AB) cách đầu A của đèn một đoạn $l_{AO} = \frac{L}{3}$ và độ rọi tại điểm Q trên bề mặt làm việc, cách điểm P một khoảng $l = 1,6 \text{ m}$ theo phương nằm ngang.



Hình 12.11. Tính toán độ rọi với nguồn sáng đường bài 12.9

Giải: Theo mã hiệu của đèn ta xác định các tham số: công suất $P = 36 \text{ W}$, quang thông $F = 2850 \text{ lm}$ (bảng 45.pl) [1]

Cường độ sáng của đèn

$$I_c = \frac{F}{9,86 \cdot L} = \frac{2850}{9,86 \cdot 1,2} = 240,87 \text{ cd}$$

Ta coi như đèn được chia thành 2 phần:

nửa thứ nhất có chiều dài bằng trị $L_1 = \frac{L}{3} = \frac{1,2}{3} = 0,4 \text{ m}$

nửa thứ hai dài $L_2 = L + L_1 = 1,2 + 0,4 = 1,6 \text{ m}$

$$\beta_1 = \arctg \frac{L_1}{h} = \arctg \frac{0,4}{1,5} = 0,26 \text{ rad.} \Rightarrow \cos \beta = 0,966$$

$$\beta_2 = \arctg \frac{L_2}{h} = \arctg \frac{1,6}{1,5} = 0,82 \text{ rad.} \Rightarrow \cos \beta = 0,683$$

$$\gamma = \arctg \frac{l}{h} = \arctg \frac{2}{1,55} = 0,911 \text{ rad,} \Rightarrow \cos \gamma = 0,61;$$

Xác định các thành phần độ rọi

$$E_{AO} = \frac{I_c}{2h} \left(\frac{L_1 \cdot h}{L_1^2 + h^2} + \beta_1 \right) = \frac{240,87}{2 \cdot 1,5} \left(\frac{0,4 \cdot 1,5}{(0,4^2 + 1,5^2)} + 0,26 \right) = 40,91 \text{ lx}$$

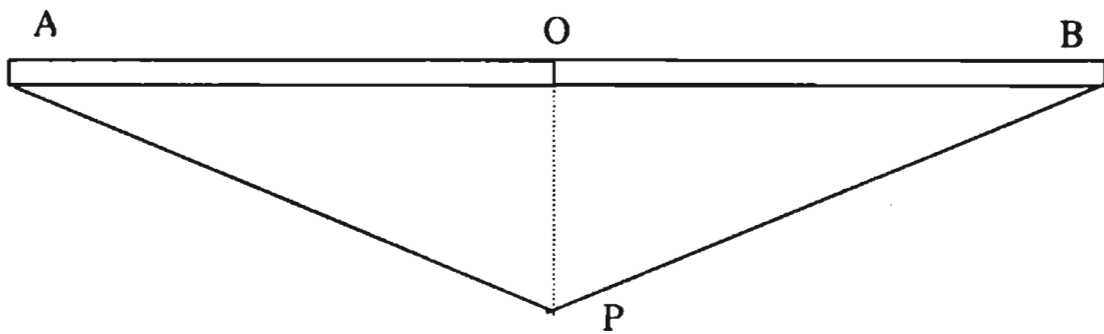
$$E_{BO} = \frac{I_c}{2h} \left(\frac{L_2 \cdot h}{L_2^2 + h^2} + \beta_2 \right) = \frac{240,87}{2 \cdot 1,5} \left(\frac{1,6 \cdot 1,5}{(1,6^2 + 1,5^2)} + 0,82 \right) = 105,71 \text{ lx}$$

Độ rọi tại điểm P: $E_p = E_{BO} - E_{AO} = 105,71 - 43,61 = 64,8 \text{ lx}$

Độ rọi tại điểm Q

$$E_q = E_p \cdot \cos \gamma = 64,8 \cdot 0,61 = 44,32 \text{ lx.}$$

Bài 12.10. Hai đèn huỳnh quang mã hiệu TFP36 dài $L = 1,2 \text{ m}$ được treo nối tiếp nhau ở độ cao $h = 2 \text{ m}$ so với bề mặt làm việc. Hãy tính độ rọi tại điểm P trên bề mặt làm việc thẳng góc với điểm tiếp giáp của 2 đầu bóng đèn và độ rọi tại điểm Q trên bề mặt làm việc, cách điểm P một khoảng $l = 2,6 \text{ m}$ theo phương nằm ngang.



Hình 12.12. Tính toán độ rọi với nguồn sáng đường bài 12.10.

Giải:

Theo mã hiệu của đèn ta xác định các tham số: công suất $P = 36 \text{ W}$, quang thông $F = 2850 \text{ lm}$ (bảng 45.pl) [1]

Tổng chiều dài của cả hai bóng đèn

$$L_{\Sigma} = 2 \cdot L = 2 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ m}$$

Cường độ sáng của đèn

$$I_c = \frac{F}{9,86.L} = \frac{2.3450}{9,86.2,4} = 291,58 \text{ cd}$$

$$\beta_1 = \beta_2 = \arctg \frac{L}{h} = \arctg \frac{1,2}{2} = 0,54 \text{ rad.} \Rightarrow \cos\beta = 0,86$$

$$\gamma = \arctg \frac{1}{h} = \arctg \frac{2,6}{2} = 0,915 \text{ rad,} \Rightarrow \cos\gamma = 0,61;$$

Độ rọi tại điểm P trên mặt phẳng làm việc thẳng góc với đèn

$$E_{AO} = E_{BO} = \frac{I_c}{2h} \left(\frac{L.h}{L^2 + h^2} + \beta \right) = \frac{291,58}{2.2} \left(\frac{1,2.2}{(1,2^2 + 2^2)} + 0,54 \right) = 71,55$$

$$E_p = E_{AO} + E_{BO} = 71,55 + 71,55 = 143,1 \text{ lx;}$$

Độ rọi tại điểm Q

$$E_q = E_p \cdot \cos\gamma = 143,1 \cdot 0,61 = 87,25 \text{ lx.}$$

Bài 12.11. Thiết kế chiếu sáng cho một nhà xưởng có kích thước $a \times b \times H$ là $18 \times 8,5 \times 4$ m.

Coi trần có màu trắng, tường màu vàng và sàn trải plastic.

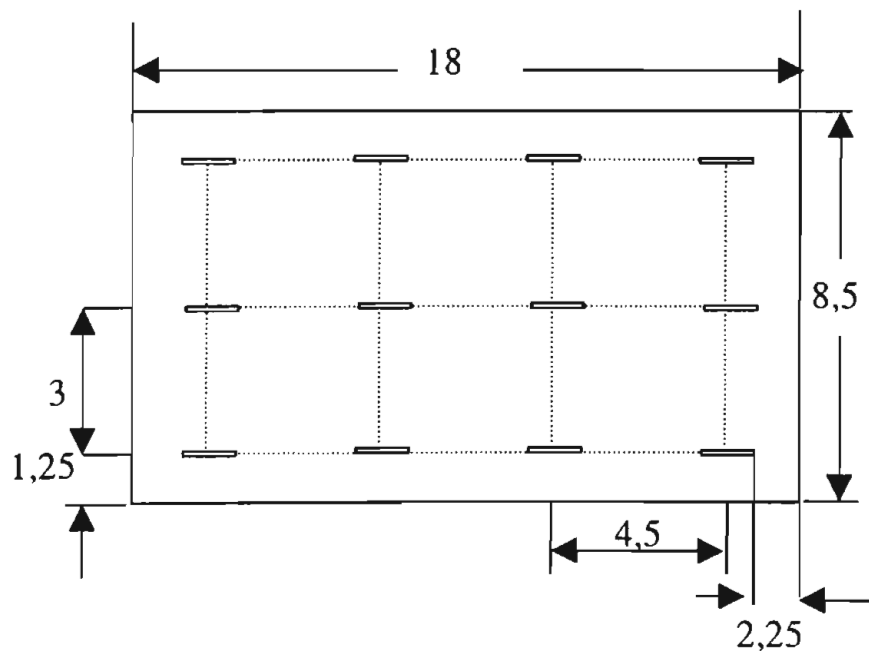
Giải: Theo bảng 12.7 ta chọn độ rọi yêu cầu cho phòng học là $E_{yc} = 100 \text{ lx}$. Theo biểu đồ Kruithof ứng với độ rọi 100 lx nhiệt độ màu cần thiết là 3000°K sẽ cho môi trường sáng tiện nghi, vậy ta chọn đèn huỳnh quang kiểu F36W-C-W-DT8 dài 1,2 m với quang thông $F = 2850 \text{ lm}$ có nhiệt độ màu 3000°K và chỉ số hoàn màu $\text{IRC} = 85$, công suất $P_d = 36 \text{ W}$ (bảng 45.pl).

Chọn loại đèn đôi ngậm trong trần (2x F36W-C-W-DT8) có hiệu suất $\eta = 0,6$. Giả thiết chiều cao của mặt bằng làm việc là $h_{lv} = 0,8 \text{ m}$, xác định chiều cao treo đèn:

$$h = H - h_{lv} = 4 - 0,8 = 3,2 \text{ m;}$$

Chọn tỷ số $L/h = 1,5$ (bảng 12.6.4)

Khoảng cách giữa các đèn $L = 1,5.3,2 = 4,8 \text{ m}$, chọn $L = 4,5 \text{ m}$.



Hình 12.13. Mặt bằng chiếu sáng bài 12.11

Ta bố trí 3 hàng đèn theo chiều dọc và 4 hàng theo chiều ngang (hình 12.13)

Như vậy khoảng cách theo chiều ngang là $L_n = 3$ m và theo chiều dọc là $L_d = 4,5$ m;

Kiểm tra theo điều kiện:

$$\frac{L_d}{3} \leq q \leq \frac{L_d}{2} \quad \text{và} \quad \frac{L_n}{3} \leq p \leq \frac{L_n}{2};$$
$$\frac{4,5}{3} \leq 2,25 \leq \frac{4,5}{2} \quad \text{và} \quad \frac{3}{3} \leq 1,25 \leq \frac{3}{2}.$$

Vậy đảm bảo yêu cầu về độ đồng đều của chiếu sáng.

Số lượng đèn tối thiểu sẽ là $N_{\min} = 12$;

Hệ số không gian

$$K_{kg} = \frac{a \cdot b}{h(a + b)} = \frac{18 \cdot 8,5}{3,2(18 + 8,5)} = 1,8$$

Căn cứ vào đặc điểm của nội thất chiếu sáng có thể coi hệ số phản xạ của trần, tường và sàn tương ứng là 70:50:30. Tra bảng 47.pl[1] phụ lục ứng với các hệ số phản xạ đã nêu và hệ số không gian 1,76 ta tìm được hệ số lợi dụng $k_{ld} = 0,455$;

Hệ số dự trữ lấy bằng $k_{dt} = 1,2$

Xác định quang thông tổng

$$F_{\Sigma} = \frac{E_{yc} \cdot S \cdot k_{dt}}{\eta \cdot k_{ld}} = \frac{100 \cdot 18 \cdot 8,5 \cdot 1,2}{0,6 \cdot 0,455} = 67252,75 \text{ lm}$$

Số lượng đèn cần thiết

$$N = \frac{F_{\Sigma}}{F_d} = \frac{67252,75}{2.2850} = 11,8$$

chọn $N = 12 = N_{\min} = 12$

Vậy số lượng đèn thực chọn sẽ là 12 đèn.

Độ rọi thực tế

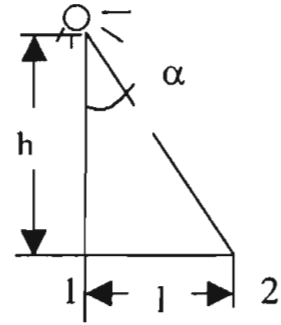
$$E = \frac{F_d \cdot N \cdot \eta \cdot k_{ld}}{a \cdot b \cdot k_{dt}} = \frac{2.2850 \cdot 12 \cdot 0,6 \cdot 0,455}{18 \cdot 8,5 \cdot 1,2} = 101,71 \text{ lx} > E_{yc}.$$

Như vậy hệ thống chiếu sáng đảm bảo yêu cầu thiết kế.

3. BÀI TẬP

12.1. Một ngọn đèn điện 150 W/220V treo ở độ cao 1,65 m so với bề mặt làm việc, phát quang theo mọi hướng với $F = 2200$ lm. Hãy xác định:

- a- Độ rọi trên bề mặt làm việc tại điểm 1 thẳng góc với đèn
- b- Độ rọi tại điểm 2 cách điểm 1 là 1,2 m theo phương nằm ngang
- c- Độ chói của quyển sách tại điểm 2, biết $\rho = 0,75$.
- d- Đặt bóng đèn trong quả cầu thủy tinh mờ có đường kính là 0,27 m với hệ số truyền sáng $\tau = 0,85$, xác định độ chói của quả cầu này.



12.2. Một ngọn đèn điện gồm 2 bóng đèn sợi đốt 60 W/220V treo ở độ cao 1,45 m

so với bề mặt làm việc, phát quang theo mọi hướng với $F = 2 \times 740$ lm. Hãy xác định:

a- Độ rọi trên bề mặt làm việc tại điểm 1 thẳng góc với đèn

b- Độ rọi tại điểm 2 cách điểm 1 là 1 m theo phương nằm ngang.

c- Độ chói của bề mặt tại điểm 2, biết $\rho = 0,75$.

d- Đặt bóng đèn trong quả cầu thủy tinh mờ có đường kính là 0,32 m với hệ số truyền sáng $\tau = 0,85$, xác định độ chói của quả cầu này.

12.3. Một ngọn đèn điện gồm 1 bóng đèn Halogen 300 W/220V treo ở độ cao 3,2 m so với bề mặt làm việc, phát quang theo mọi hướng với $F = 68000$ lm. Hãy xác định:

a- Độ rọi trên bề mặt làm việc tại điểm 1 thẳng góc với đèn.

b- Độ rọi tại điểm 2 cách điểm 1 là 5 m theo phương nằm ngang.

c- Độ chói của bề mặt tại điểm 2, biết $\rho = 0,65$.

12.4. Một ngọn đèn điện gồm 2 bóng đèn Halogen 80 W/220V treo ở độ cao 3 m so với bề mặt làm việc, phát quang theo mọi hướng với $F = 2 \times 5400$ lm. Hãy xác định:

a- Độ rọi trên bề mặt làm việc tại điểm 1 thẳng góc với đèn.

b- Độ rọi tại điểm 2 cách điểm 1 là 5 m theo phương nằm ngang.

c- Độ chói của bề mặt tại điểm 2, biết $\rho = 0,65$.

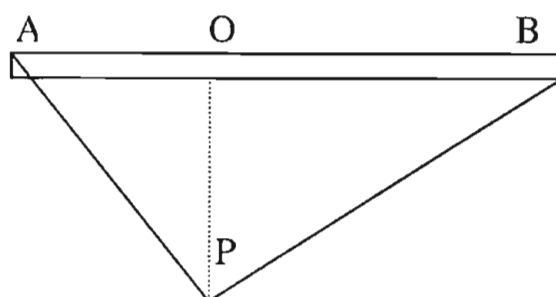
12.5. Một đèn huỳnh quang dài $L = 0,6$ m có công suất 20 W với hiệu suất phát quang $\eta = 55$ lm/W, được treo ở độ cao $h = 1,5$ m so với bề mặt làm việc. Hãy tính độ rọi tại điểm P

trên bề mặt làm việc thẳng góc với đèn và độ rọi tại điểm Q trên bề mặt làm việc, cách điểm P một khoảng $l = 1,6$ m theo phương nằm ngang (coi đèn khuếch tán hoàn toàn).

12.6. Một đèn huỳnh quang mã hiệu F36W-C-W-DT8 dài $L = 1,2$ m được treo ở độ cao $h = 1,64$ m so với bề mặt làm việc. Hãy tính độ rọi tại điểm P trên bề mặt làm việc thẳng góc với đèn và độ rọi tại điểm Q trên bề mặt làm việc, cách điểm P một khoảng $l = 2$ m theo phương nằm ngang.

12.7. Một ngọn đèn gồm 2 bóng huỳnh quang mã hiệu F18W-C-W-DT8 dài $L = 0,6$ m được treo ở độ cao $h = 1,66$ m so với bề mặt làm việc. Hãy tính độ rọi tại điểm P trên bề mặt làm việc thẳng góc với đèn và độ rọi tại điểm Q trên bề mặt làm việc, cách điểm P một khoảng $l = 1,8$ m theo phương nằm ngang.

12.8. Một đèn huỳnh quang mã hiệu Philip.65 dài $L = 1,2$ m được treo ở độ cao $h = 1,8$ m so với bề mặt làm việc. Hãy tính độ rọi tại điểm P trên bề mặt làm việc thẳng góc với điểm O cách đầu A của đèn một đoạn $l_{AO} = 0,3$ m và độ rọi tại điểm Q trên bề mặt làm việc, cách điểm P một khoảng $l = 2,2$ m theo phương nằm ngang.



12.9. Một đèn huỳnh quang mã hiệu Philip.110 $L = 1,2$ m được treo ở độ cao $h = 1,8$ m so với bề mặt làm việc. Hãy tính độ rọi tại điểm P trên bề mặt làm việc thẳng góc với điểm O (nằm ngoài đoạn AB) cách đầu A của đèn một đoạn $l_{AO} = 0,65$ m và độ rọi tại điểm Q trên bề mặt làm việc, cách điểm P một khoảng $l = 2,2$ m theo phương nằm ngang.

12.10. Hai đèn huỳnh quang mã hiệu F18W-C-W-DT8 dài $L = 0,6$ m được treo nối tiếp nhau ở độ cao $h = 1,7$ m so với bề mặt làm việc. Hãy tính độ rọi tại điểm P trên bề mặt làm việc thẳng góc với điểm tiếp giáp của 2 đầu bóng đèn và độ rọi tại điểm Q trên bề mặt làm việc, cách điểm P một khoảng $l = 1,6$ m theo phương nằm ngang.

12.11. Thiết kế chiếu sáng nội thất cho một cơ sở có kích thước và đặc điểm cho trong bảng. Số liệu lấy theo chữ cái của tên người thiết kế: Chữ cái đầu tiên của tên Họ lấy theo cột 2; Hai chữ cái của tên đệm lấy số liệu ở cột 3 ÷ 4; Hai chữ cái của Tên ứng với số liệu ở các cột 5 và 6.

Bảng 1. Số liệu thiết kế chiếu sáng

Alpha be	Đặc điểm nội thất	Kích thước , m			
		a	b	H	h_{lv}
I	2	3	4	5	6
A	Văn phòng	18	12	3,9	0,8
Ã	Phòng thiết kế	20	13	4,2	0,7
Â	Phòng tranh	22	12	3,8	0,75
B	Phòng đọc	16	8,5	4	0,92
C	Giảng đường	17	9,5	4,1	0,9
D	Phòng thí nghiệm	21	10	4,5	0,8
Đ	Phòng chờ	26	12	3,98	0,83
E	Phòng đọc	18	8,6	3,86	0,84
Ê	Giảng đường	24	12	4,12	0,85
G	Nhà xưởng	22	11,3	3,88	0,8
H	Văn phòng	15,8	8,6	4,5	0,81
I	Phòng thiết kế, vẽ	22,5	9	3,7	0,82
K	Phòng chờ	21,6	8,5	4,12	0,9
L	Văn phòng	23	12,6	4,08	0,78
M	Phòng thiết kế	26,8	13,5	4,33	0,76
N	Phòng tranh	21	10	3,95	0,83
O	Phòng đọc	20	9,6	3,88	0,8
Ơ	Phòng chờ	19	8,5	3,78	0,9
Ô	Phòng đọc	18,6	8	4,08	0,84
P	Giảng đường	17,5	12	4,15	0,85
Q	Nhà xưởng	20,5	11	4,2	0,84
R	Giảng đường	22	10,8	4,5	0,82
S	Nhà xưởng	24,6	11,7	4,18	0,8
T •	Nhà ăn	23,2	12,4	3,86	0,8
U	Phòng chờ	16,7	11,8	3,96	0,83
Ư	Phòng đọc	18,6	9,6	4,08	0,81
V	Giảng đường	23,6	10	4,36	0,815
X	Nhà xưởng	24	12,4	4,52	0,823
Y	Giảng đường	20	10,6	4,05	0,805

Chương 13

AN TOÀN ĐIỆN

1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1.1. Phân tích mạng điện dưới góc độ an toàn

1.1.1. Mạng điện đơn giản

a. Chạm vào 2 cực của mạng điện đơn giản

Dòng điện chạy qua cơ thể người khi chạm vào 2 cực của mạng điện đơn giản

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}}, \quad (13.1)$$

trong đó: U – điện áp của mạng;

R_{ng} – điện trở cơ thể người.

b. Chạm vào 1 cực của mạng điện đơn giản có trung tính cách ly với đất

Dòng điện chạy qua cơ thể người

$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{R_{ng}} = \frac{UR_{td}}{R_{ng}(R_{td} + R_{cd})} = \frac{U}{2.R_{ng} + R_{cd}}, \quad (13.2)$$

trong đó: R_{cd} – điện trở cách điện ;

R_{td} – điện trở tương đương của mạng song song:

$$R_{td} = \frac{R_{ng}R_1}{R_{ng} + R_1} \quad (13.3)$$

Trong trường hợp điện trở cách điện bị hỏng $R_{cd} = 0$

$$I_{ng} = \frac{U}{2.R_{ng}} \quad (13.4)$$

c. Chạm vào mạng điện đơn giản 1 dây có trung tính nối đất

Dòng điện chạy qua cơ thể người

$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{R_{ng}} = \frac{UR_1}{R_{ng}R_d + R_{ng}R_1 + R_d \cdot R_1} \quad (13.5)$$

Do R_d nhỏ hơn rất nhiều so với R_1 và R_{ng} nên ta có thể viết

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}} \quad (13.6)$$

R_d – điện trở của hệ thống nối đất;

R_1 – điện trở cách điện của dây dẫn;

R_{ng} – điện trở cơ thể người;

R_{td} – điện trở tương đương của mạch song song:

$$R_{td} = \frac{R_{ng}R_1}{R_{ng} + R_1}$$

d. Chạm vào dây nguội của mạng điện 2 dây trung tính nối đất

* Ở chế độ làm việc bình thường

Dòng điện chạy qua cơ thể người

$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{R_{ng}} = \frac{I_{lv} \cdot R_{ab}}{R_{ng}} \quad (13.7)$$

trong đó: I_{lv} – dòng điện làm việc ;

R_{ab} - điện trở của đoạn dây tính từ nguồn đến điểm tiếp xúc.

* Trong trường hợp có ngắn mạch xảy ra ở thời điểm tiếp xúc thì điện áp trên dây trung tính bằng một phần hai điện áp pha bởi vậy dòng điện chạy qua cơ thể người lúc này là

$$I_{ng} = \frac{U}{2 \cdot R_{ng}} \quad (13.8)$$

1.1.2. Mạng điện 3 pha

a. Mạng điện 3 pha trung tính cách ly

Dòng điện chạy qua cơ thể người khi tiếp xúc với 1 pha

$$I_{ng} = \frac{3U}{3.R_{ng} + R_{cd}} \quad (13.9)$$

Điện trở cách điện tối thiểu

$$R_{cd} = \frac{3U}{I_{ng}} - 3R_{ng} \quad (13.10)$$

Trong trường hợp có ngắn mạch 1 pha nếu chạm vào pha lành thì giá trị dòng điện chạy qua cơ thể người lúc này sẽ tăng lên căn 3 lần ở chế độ mạng điện làm việc bình thường.

b. Mạng điện 3 pha trung tính nối đất

Dòng điện chạy qua cơ thể người khi tiếp xúc với 1 pha

$$I_{ng} = \frac{U_f}{R_{ng} + R_d} \quad (13.11)$$

R_d điện trở của hệ thống nối đất

Do $R_d \ll R_{ng}$ nên

$$I_{ng} = \frac{U_f}{R_{ng}} \quad (13.12)$$

1.2. Tính toán hệ thống nối đất bảo vệ

1) Xác định trở nối đất theo yêu cầu

Đặc điểm mạng điện	R_d, Ω
Mạng cao áp với $I_d > 500A$	0,5
Mạng cao áp với $I_d < 500A$	4
Mạng cao áp	$R_d = \frac{250}{I_d}$
Nối đất chung cho cả 2 mạng cao áp và hạ áp	$R_d = \frac{125}{I_d}$
Tba tiêu thụ có $S_n \geq 100$	≤ 4
Tba tiêu thụ có $S_n < 100$	≤ 10

2) Điện trở nối đất nhân tạo

Nếu có thể tận dụng được điện trở nối đất tự nhiên R_{tn} thì hệ thống nối đất nhân tạo sẽ

chỉ phải xây dựng với điện trở $R_{n,t}$ là

$$R_{n,t} = \frac{R_{in} \cdot R_d}{R_{in} - R_d} \quad (13.13)$$

3) Chọn cọc và xác định điện trở của chúng

Loại cực tiếp địa	Sơ đồ	Biểu thức
Cọc tròn đường kính d dài l cm, đóng sâu H $h = H + \frac{l}{2}$		$R_{cọc} = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h+l}{4h-l} \right)$ (13.14)
Thanh dẹt rộng b dài L cm		$R_{ngã} = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \ln \frac{2L^2}{b \cdot h}$ (13.15)

Nếu dùng thép góc bản rộng b thì thay vào biểu thức giá trị $d = d_{đi} = 0,95b$;

Điện trở suất của đất $\rho = \rho_0 \cdot k_i$;

ρ_0 - điện trở suất của đất đo ở điều kiện chuẩn ;

k_i - hệ số phụ thuộc vào điều kiện đo.

4) Sơ bộ xác định số lượng cọc

$$n_1 = \frac{R_{cọc}}{R_{n,t}} \quad (13.16)$$

5) Điện trở của hệ thống nối đất nhân tạo có tính đến thanh nối

$$R'_{n,t} = \frac{R'_{ngã} \cdot R_{n,t}}{R'_{ngã} - R_{n,t}} \quad (13.17)$$

R'_{ng} - điện trở thanh nối có tính đến hệ số sử dụng

$$R'_{ngã} = \frac{R_{ngã}}{\eta_{ngã}} \quad (13.18)$$

$R_{ngã}$ - điện trở thanh nối xác định theo biểu thức (13.15) ;

$\eta_{ng\alpha}$ - hệ số sử dụng của thanh nối ngang phụ thuộc vào tỷ số $l_a //$ và số lượng cọc n_1 ;
 l_a - khoảng cách giữa cọc.

6) Xác định số lượng cọc chính thức

$$n = \frac{R_{cọc}}{\eta_{cọc} R'_{n,t}} \quad (13.19)$$

$\eta_{cọc}$ - hệ số sử dụng của cọc phụ thuộc vào tỷ số $l_a //$ và số lượng cọc n_1 .

7) Kiểm tra hệ thống nối đất theo điều kiện ổn định nhiệt

Tiết diện tối thiểu của thanh nối

$$F_{min} = I_k^{(1)} \frac{\sqrt{t_k}}{C} ; \quad (13.20)$$

trong đó : $I_k^{(1)}$ - dòng ngắn mạch 1 pha chạy qua hệ thống nối đất, A;

t_k - thời gian tồn tại của dòng điện chạy trong đất s;

C - hệ số phụ thuộc vào vật liệu làm tiếp địa (đối với thép $C = 74$).

Điều kiện ổn định nhiệt là là $F_{min} \leq F_{ng} = a.b \text{ mm}^2$.

1.3. Bảo vệ nối dây trung tính

Dòng điện chạy trong mạch khi có nối dây trung tính

$$I_k^{(1)} = \frac{U_f}{Z_f + Z_0} , \quad (13.21)$$

trong đó : U_f - điện áp pha ;

Z_f, Z_0 - điện trở dây pha và dây trung tính.

Điện áp lưu trên dây trung tính

$$U_k = Z_0 \cdot I_d = \frac{U_f \cdot Z_0}{Z_f + Z_0} \quad (13.22)$$

$$\text{Nếu } Z_f = Z_0 \text{ thì } U_k = \frac{U_f \cdot Z_0}{Z_f + Z_0} = \frac{U_f}{2} \quad (13.23)$$

1.4. Nối đất lặp lại

Dòng điện chạy qua các điện trở nối đất khi có hiện tượng chạm masse trong trường hợp có nối đất lặp lại

$$I_d = \frac{U_k}{R_{d1} + R_{d2}} \quad (13.24)$$

trong đó : U_k - điện áp trên vỏ thiết bị ;

R_{d1} điện trở của hệ thống nối đất chính tại nguồn (trạm biến áp) ;

R_{d2} - điện trở nối đất lặp lại.

Giá trị điện áp tại điểm trung tính U_1 và trên vỏ thiết bị U_2

$$U_1 = R_{d1} \cdot I_d = \frac{U_k \cdot R_{d1}}{R_{d1} + R_{d2}} \quad (13.25)$$

$$U_2 = R_{d2} \cdot I_d = \frac{U_k \cdot R_{d2}}{R_{d1} + R_{d2}} \quad (13.26)$$

khi $R_{d1} = R_{d2}$ thì $U_1 = U_2 = \frac{U_k}{2} = \frac{U_f}{4}$.

Vị trí X nơi điện áp đạt giá trị 0

$$X = \frac{U_1 \cdot l}{U_1 + U_2} ; \quad (13.27)$$

l – chiều dài đoạn dây từ nguồn đến thiết bị.

Điện trở của hệ thống nối đất lặp lại thường lớn hơn điện trở của hệ thống nối đất bảo vệ 1 cấp

R_{d1}, Ω	0,5	4	10
R_{d2}	4	10	30

2. BÀI GIẢI MẪU

Bài 13.1. Hãy xác định dòng điện chạy qua cơ thể người khi chạm vào 2 cực của mạng điện đơn giản 220V, biết điện trở của cơ thể người là $R_{ng} = 1,25 \text{ k}\Omega$

Giải: Dòng điện chạy qua cơ thể người được xác định theo biểu thức

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}} = \frac{220}{1,25} = 176 \text{ mA} .$$

Bài 13.2. Hãy xác định dòng điện chạy qua cơ thể người khi chạm vào 1 cực của mạng điện đơn giản 220 V trung tính cách ly, biết điện trở cách điện là $R_{cd} = 22 \text{ k}\Omega$ và điện trở cơ thể người là $R_{ng} = 1,25 \text{ k}\Omega$. Đánh giá mức độ nguy hiểm.

Giải: Dòng điện chạy qua cơ thể người được xác định theo biểu thức

$$I_{ng} = \frac{U}{2R_{ng} + R_{cd}} = \frac{220}{2 \cdot 1,25 + 22} = 8,98 \text{mA}$$

Nạn nhân đã bắt đầu khó cử động.

Bài 13.3. Hãy xác định điện trở cách tối thiểu để đảm bảo an toàn khi bất ngờ chạm vào mạng điện đơn giản 220 V có trung tính cách ly, coi điện trở cơ thể người bằng 0,85 kΩ .

Giải: Điện trở cách điện tối thiểu là điện trở mà đảm bảo để nếu chạm vào thì dòng điện chạy qua cơ thể người sẽ phải có giá trị nhỏ hơn trị số an toàn là 10 mA

$$R_{cd} = \frac{U}{I_{ng}} - 2 \cdot R_{ng} = \frac{220}{10} - 2 \cdot 0,85 = 20,3 \text{k}\Omega .$$

Bài 13.4. Hãy xác định dòng điện chạy qua cơ thể người khi chạm vào dây nguội của mạng điện đơn giản 220V với trung tính nối đất, biết điện trở của mạng điện từ nguồn đến điểm tiếp xúc là $R_d = 0,83 \Omega$, dòng điện làm việc chạy trên đường dây là $I_v = 9,5 \text{A}$, điện trở cơ thể người $R_{ng} = 1,25 \text{k}\Omega$.

Giải: Trước hết ta xác định độ rơi điện áp trên dây trung tính

$$\Delta U = I_v \cdot R_d = 9,5 \cdot 0,83 = 7,88 \text{V}$$

Dòng điện chạy qua cơ thể người có giá trị

$$I_{ng} = \frac{\Delta U}{R_{ng}} = \frac{7,88}{1,25} = 6,31 \text{mA} .$$

Bài 13.5. Hãy xác định dòng điện chạy qua cơ thể người khi chạm vào dây nguội của mạng điện đơn giản 220V với trung tính nối đất, biết đường dây từ nguồn đến điểm tiếp xúc được làm bằng dây A-25 ($r_0 = 1,28$ và $x_0 = 0,35 \Omega/\text{km}$) chiều dài $l = 0,65 \text{km}$. Phụ tải cuối đường dây là $S = 5,45 \text{kVA}$, điện trở cơ thể người $R_{ng} = 1,25 \text{k}\Omega$.

Giải: Trước hết ta xác định điện trở của đường dây

$$Z = Z_0 \cdot l = \sqrt{r_0^2 + x_0^2} \cdot l = \sqrt{1,28^2 + 0,35^2} \cdot 0,65 = 0,862 \Omega$$

Dòng điện làm việc chạy trong mạch

$$I_v = \frac{S}{U} = \frac{5,45 \cdot 10^3}{220} = 24,77 \text{A} ;$$

Hao tổn điện áp trên dây trung tính

$$\Delta U = I_v \cdot Z = 24,77 \cdot 0,862 = 21,37 \text{V}$$

Dòng điện chạy qua cơ thể người ở chế độ làm việc bình thường

$$I_{ng} = \frac{\Delta U}{R_{ng}} = \frac{21,37}{1,25} = 17,1 \text{mA}.$$

Bài 13.6. Một mạng điện đơn giản 220 V trung tính nối đất cung cấp cho phụ tải công suất 9,35 kVA. Hãy xác định dòng điện chạy qua cơ thể người khi chạm vào dây nguội ở chế độ làm việc bình thường và chế độ sự cố ngắn mạch, biết điện trở của đường dây là $R_d = 0,42 \Omega$, điện trở cơ thể người $R_{ng} = 1,35 \text{k}\Omega$.

Giải: Trước hết ta xác định dòng điện ở chế độ làm việc bình thường

$$I_{lv} = \frac{S}{U} = \frac{9350}{220} = 42,5 \text{A}$$

Độ rơi điện áp trên dây trung tính

$$\Delta U = I_{lv} \cdot R_d = 42,5 \cdot 0,42 = 17,86 \text{V}$$

Dòng điện chạy qua cơ thể người ở chế độ làm việc bình thường

$$I_{ng} = \frac{\Delta U}{R_{ng}} = \frac{17,46}{1,35} = 13,2 \text{mA}$$

Dòng điện chạy qua cơ thể người ở chế độ sự cố ngắn mạch

$$I_{ng} = \frac{U}{2 \cdot R_{ng}} = \frac{220}{2 \cdot 1,35} = 84,61 \text{mA}.$$

Bài 13.7. Một mạng điện đơn giản 127 V trung tính nối đất cung cấp cho phụ tải công suất 6,25 kVA. Hãy xác định dòng điện chạy qua cơ thể người khi chạm vào dây nguội ở chế độ làm việc bình thường và chế độ sự cố ngắn mạch, biết dây trung tính là loại A-25 có chiều dài $l = 326$ mét, điện trở cơ thể người $R_{ng} = 1,15 \text{k}\Omega$.

Trước hết ta xác định điện trở của đường dây

$$Z = Z_0 \cdot l = \sqrt{r_0^2 + x_0^2} \cdot l = \sqrt{1,28^2 + 0,35^2} \cdot 0,326 = 0,432 \Omega$$

Dòng điện làm việc chạy trong mạch

$$I_{lv} = \frac{S}{U} = \frac{6,25 \cdot 10^3}{127} = 49,21 \text{A};$$

Hao tổn điện áp trên dây trung tính

$$\Delta U = I_{lv} \cdot Z = 49,21 \cdot 0,432 = 21,29 \text{V}$$

Dòng điện chạy qua cơ thể người ở chế độ làm việc bình thường

$$I_{ng} = \frac{\Delta U}{R_{ng}} = \frac{21,29}{1,15} = 18,51\text{mA}$$

Dòng điện chạy qua cơ thể người ở chế độ sự cố ngắn mạch

$$I_{ng} = \frac{U}{2.R_{ng}} = \frac{127}{2.1,15} = 55,22\text{mA}.$$

Bài 13.8. Hãy xác định dòng điện chạy qua cơ thể người khi chạm vào 1 dây pha của mạng điện 3 pha 380V trung tính cách ly ở chế độ làm việc bình thường và chế độ sự cố ngắn mạch ở một pha khác, biết điện trở cách điện $R_{cd} = 45 \text{ k}\Omega$ và điện trở cơ thể người là $1,25 \text{ k}\Omega$.

Giải:

a. Dòng điện chạy qua cơ thể người khi chạm vào 1 dây pha ở chế độ làm việc bình thường

$$I_{ng} = \frac{3.U_{\phi}}{3.R_{ng} + R_{cd}} = \frac{3.220}{3.1,25 + 45} = 13,54\text{mA}.$$

b. Khi có sự cố ngắn mạch ở một pha nào đó thì điện áp của các pha còn lại sẽ tăng lên $\sqrt{3}$ lần vì vậy lúc này dòng điện chạy qua cơ thể người có giá trị

$$I_{ng} = \frac{3.\sqrt{3}.U_{\phi}}{3.R_{ng} + R_{cd}} = \frac{3.\sqrt{3}.220}{3.1,25 + 45} = 23,45\text{mA}$$

Bài 13.9. Hãy xác định điện trở cách điện tối thiểu R_{cd} để đảm bảo an toàn cho người khi chạm vào dây pha của mạng điện 3 pha trung tính cách ly, coi điện trở cơ thể người là $0,85 \text{ k}\Omega$.

Giải: Giá trị tối thiểu của điện trở cách điện

$$R_{cd} = \frac{3.U}{I_{ng}} - 3.R_{ng} = \frac{3.220}{10} - 3.0,85 = 63,45\text{k}\Omega.$$

Trong thực tế với độ dự trữ nhất định giá trị R_{cd} thường phải lớn hơn nhiều lần.

Bài 13.10. Hãy tính toán nối đất cho trạm biến áp công suất 320 kVA đặt trên một khu đất có diện tích $5,6 \times 8 \text{ m}$, điện trở của hệ thống tiếp địa tự nhiên là $R_{\text{tt}} = 45 \Omega$, điện trở suất của đất là $\rho_0 = 0,45.10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ đo trong điều kiện ẩm ướt ($k_{\text{đất}}=2$ và $k_{\text{ngsa}} = 3$); Cường độ dòng điện ngắn mạch một pha chạy qua hệ thống tiếp địa là $I_k^{(1)} = 360\text{A}$, thời gian tồn tại của dòng ngắn mạch là $t = 1,5$ giây.

Giải:

Như đã biết, điện trở nối đất cho phép đối với trạm biến áp có công suất >100 kVA là $R_d = 4 \Omega$. Trước hết ta xác định điện trở tiếp địa nhân tạo

$$R_{nt} = \frac{R_{tn} \cdot R_d}{R_{tn} - R_d} = \frac{45 \cdot 4}{45 - 4} = 4,39 \Omega$$

Chọn cọc tiếp địa bằng thép tròn dài $l = 2,5$ m, đường kính $d = 6$ cm đóng sâu cách mặt đất $h = 0,5$ m. Điện trở tiếp xúc của cọc này có giá trị

Chiều sâu trung bình của cọc $h_{tb} = h + \frac{l}{2} = 50 + \frac{250}{2} = 175$ cm;

$$R_{cọc} = \frac{k_{cọc} \rho_0}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h_{tb} + l}{4h_{tb} - l} \right) = \frac{2,0 \cdot 45 \cdot 10^4}{2,3,14 \cdot 250} \left(\ln \frac{2 \cdot 250}{6} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 175 + 250}{4 \cdot 175 - 250} \right) = 25,39 \Omega$$

Sơ bộ chọn số lượng cọc

$$n = \frac{R_{cọc}}{R_{n,t}} = \frac{25,39}{4,39} = 5,8 \text{ chọn } n = 6 \text{ cọc}$$

Số cọc này được đóng xung quanh trạm biến áp theo chu vi

$$L = 2(5,6 + 8) = 27,2 \text{ m}$$

Khoảng cách trung bình giữa các cọc là $l_a = L/n = 27,2/6 = 4,53$ m;

Tra bảng 49.pl. [1] ứng với tỷ lệ $l_a/l = 4,53/2,5 = 1,81$ và số lượng cọc là 6, ta xác định được hệ số lợi dụng của các cọc tiếp địa là $\eta_{cọc} = 0,72$, số lợi dụng của thanh nối $\eta_{ngã} = 0,47$. Chọn thanh nối tiếp địa bằng thép có kích thước $b \times c = 50 \times 6$ cm. Điện trở tiếp xúc của thanh nối ngang

$$R_{ngã} = \frac{k_{ngã} \rho_0}{2\pi \cdot L} \ln \frac{2L^2}{b \cdot h} = \frac{3,0 \cdot 45 \cdot 10^4}{2,3,14 \cdot 2720} \ln \frac{2 \cdot 2720^2}{5 \cdot 50} = 9,1 \Omega$$

Điện trở thực tế của thanh nối có xét đến hệ số lợi dụng $\eta_{ngã}$ là

$$R'_{ngã} = \frac{R_{ngã}}{\eta_{ngã}} = \frac{9,1}{0,47} = 19,34 \Omega$$

Điện trở cần thiết của hệ thống tiếp địa nhân tạo có tính đến thanh nối ngang và điện trở tiếp địa tự nhiên là

$$R'_{nt} = \frac{R'_{ngã} \cdot R_{n,t}}{R'_{ngã} - R_{n,t}} = \frac{19,34 \cdot 4,39}{19,34 - 4,39} = 5,68 \Omega$$

Số lượng cọc chính thức là

$$n_{ct} = \frac{R_{coc}}{\eta_{coc} \cdot R'_{nt}} = \frac{25,39}{0,72 \cdot 5,68} = 6,2 \text{ cọc chọn } n_{ct} = 7 \text{ cọc.}$$

Kiểm tra độ ổn định nhiệt của hệ thống tiếp địa

$$F_{min} = I_k^{(1)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_t} = 360 \cdot \frac{\sqrt{1,5}}{74} = 5,96 < S_{in} = 50 \cdot 6 = 300 \text{ mm}^2$$

Vậy hệ thống tiếp địa thoả mãn về điều kiện ổn định nhiệt.

Bài 13.11. Hãy tính toán nối đất lặp lại cho mạng điện hạ áp được cung cấp từ trạm biến áp công suất 50 kVA, điện trở suất của đất là $\rho_0 = 2 \cdot 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$, đo trong điều kiện ẩm ướt ($k_{coc} = 2$ và $k_{nga} = 3$).

Giải: Như đã biết, điện trở nối đất của trạm biến áp công suất nhỏ hơn 100 kVA là 10Ω , do đó điện trở nối đất lặp lại cho phép lớn hơn điện trở của hệ thống nối đất của trạm biến áp một cấp, tức là $R_d = 30 \Omega$.

Chọn cọc tiếp địa bằng thép tròn dài $l = 2,5 \text{ m}$, đường kính $d = 6 \text{ cm}$ đóng sâu cách mặt đất $h = 0,5 \text{ m}$. Điện trở tiếp xúc của cọc này có giá trị

$$\text{Chiều sâu trung bình của cọc } h_{tb} = h + \frac{l}{2} = 50 + \frac{250}{2} = 175 \text{ cm;}$$

$$R_{coc} = \frac{k_{coc} \rho_0}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h_{tb} + l}{4h_{tb} - l} \right) = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 250} \left(\ln \frac{2 \cdot 250}{6} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 175 + 250}{4 \cdot 175 - 250} \right) = 112,83 \Omega$$

Sơ bộ chọn số lượng cọc

$$n = \frac{R_{coc}}{R_d} = \frac{112,83}{30} = 3,76 \text{ chọn } n = 4 \text{ cọc}$$

Số cọc này được đóng theo dãy khoảng cách nhau bằng chiều dài cọc, vậy tổng chiều dài thanh nối sẽ là

$$L = 3 \cdot 2,5 = 7,5 \text{ m}$$

Tra bảng 49.pl. [1] ứng với tỷ lệ $l_d/l = 1$ và số lượng cọc là 4, ta xác định được hệ số lợi dụng của các cọc tiếp địa $\eta_{coc} = 0,69$, số lợi dụng của thanh nối $\eta_{nga} = 0,45$. Chọn thanh nối tiếp địa bằng thép có kích thước $b \times c = 50 \times 4 \text{ cm}$. Điện trở tiếp xúc của thanh nối

$$R_{nga} = \frac{k_{nga} \rho_0}{2\pi \cdot L} \ln \frac{2L^2}{b \cdot h} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 500} \ln \frac{2 \cdot 500^2}{5 \cdot 50} = 113,66 \Omega ;$$

Điện trở thực tế của thanh nối có xét đến hệ số lợi dụng η là

$$R'_{\text{nga}} = \frac{R_{\text{nga}}}{\eta_{\text{nga}}} = \frac{113,66}{0,45} = 252,59 \Omega$$

Điện trở cần thiết của hệ thống tiếp địa nhân tạo có tính đến thanh nối ngang

$$R'_{\text{nt}} = \frac{R'_{\text{nga}} \cdot R_{\text{d}}}{R'_{\text{nga}} - R_{\text{d}}} = \frac{252,59 \cdot 66 \cdot 30}{252,59 - 30} = 34,04 \Omega$$

Số lượng cọc chính thức là

$$n_{\text{ct}} = \frac{R_{\text{coc}}}{\eta_{\text{coc}} \cdot R'_{\text{nt}}} = \frac{113,66}{0,69 \cdot 34,04} = 4,8 \text{ cọc. Ta chọn số lượng cọc là } 5$$

Kiểm tra độ ổn định nhiệt của hệ thống tiếp địa

$$F_{\text{min}} = I_{\text{k}}^{(1)} \frac{\sqrt{t_{\text{k}}}}{C_{\text{t}}} = 465 \cdot \frac{\sqrt{0,85}}{74} = 8,6 < S_{\text{in}} = 50 \cdot 4 = 200 \text{ mm}^2$$

Vậy hệ thống tiếp địa thoả mãn về điều kiện ổn định nhiệt.

Bài 13.12. Một mạng điện hạ áp 380V dài 0,7 km, có dây pha và dây trung tính là A-25 được cung cấp từ trạm biến áp công suất 180 kVA. Đường dây được bảo vệ bởi cầu chảy với dòng định mức là $I_{\text{ncc}} = 30\text{A}$. Hãy tính toán bảo vệ nối dây trung tính và xác định biểu đồ phân bố điện áp trên dây trung tính.

Giải: Căn cứ vào công suất của trạm biến áp ta có thể xác định được điện trở của hệ thống nối đất chính tại trạm biến áp là $R_{\text{đ1}} = 4 \Omega$ và điện trở của hệ thống nối đất lặp lại ở cuối đường dây là $R_{\text{đ2}} = 10 \Omega$. Tra bảng 17.pl. [1] xác định điện trở của dây dẫn

Dây dẫn	$r_0, \Omega/\text{km}$	x_0	Z_0	$Z = Z_0 \cdot l, \Omega$
AC-25	1,28	0,35	$\sqrt{r_0^2 + x_0^2} = \sqrt{1,28^2 + 0,35^2} = 1,33$	$1,326 \cdot 0,7 = 0,928$

Trong trường hợp chỉ có bảo vệ nối đất đơn thuần thì khi có ngắn mạch 1 pha chạm masse dòng điện sẽ chạy trong mạch khép kín qua 2 hệ thống tiếp địa

$$I_{\text{k}} = \frac{U_{\text{f}}}{R_{\text{đ1}} + R_{\text{đ2}}} = \frac{220}{4 + 10} = 15,71\text{A};$$

Dòng điện này không thể làm cho cầu chảy tác động vì $I_{\text{k}} < 30 \text{ A}$

Dòng điện ngắn mạch một pha

$$I_{\text{k}}^{(1)} = \frac{U_{\text{f}}}{Z_{\text{f}} + Z_{\text{T}}} = \frac{220}{0,928 + 0,928} = 148\text{A};$$

Dòng ngắn mạch một pha này lớn gần 5 lần dòng định mức của cầu chảy vì vậy dây chảy sẽ tác động cắt mạch ra khỏi nguồn bảo vệ an toàn cho người và thiết bị.

Giá trị điện áp lưu trên vỏ thiết bị khi có ngắn mạch chạm masse

$$U_k = I_k^{(1)} \cdot Z_T = 148 \cdot 0,928 = 110 \text{ V}$$

Khi có nối đất lặp lại dòng điện chạy trong đất

$$I_d = \frac{U_k}{R_{d1} + R_{d2}} = \frac{110}{4 + 10} = 7,86 \text{ A};$$

Giá trị điện áp lưu trên vỏ thiết bị lúc này sẽ là

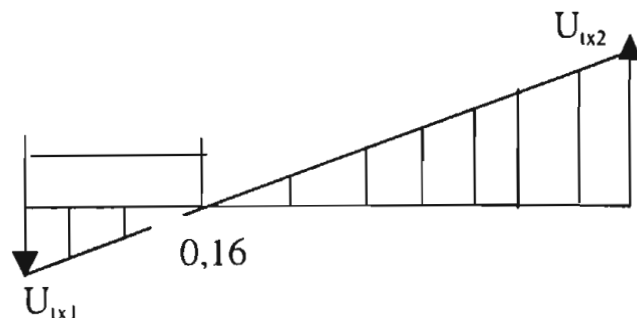
$$U_{ix2} = I_d \cdot R_{d2} = 7,86 \cdot 10 = 78,6 \text{ V}$$

Giá trị điện áp trên điểm trung tính

$$U_{ix1} = I_d \cdot R_{d1} = 7,86 \cdot 4 = 31,42 \text{ V}$$

Vị trí điểm X trên dây trung tính nơi điện áp đạt giá trị 0

$$X = \frac{U_1 \cdot l}{U_1 + U_2} = \frac{31,42 \cdot 0,7}{31,42 + 78,6} = 0,16 \text{ km}$$



Hình 13.1. Biểu đồ phân bố điện áp trên dây trung tính.

3. BÀI TẬP

Bài 1. Hãy xác định dòng điện chạy qua cơ thể người khi chạm vào 2 cực của mạng điện đơn giản 220V, biết điện trở của cơ thể người là $R_{ng} = 1,5 \text{ k}\Omega$.

Bài 2. Hãy xác định dòng điện chạy qua cơ thể người khi chạm vào 1 cực của mạng điện đơn giản trung tính cách ly, biết điện trở cách điện là $R_{cd} = 20 \text{ k}\Omega$ và điện trở cơ thể người là $R_{ng} = 1,5 \text{ k}\Omega$. Đánh giá mức độ nguy hiểm.

Bài 3. Hãy xác định điện trở cách tối thiểu để đảm bảo an toàn khi bất ngờ chạm vào mạng điện đơn giản 220 V có trung tính cách ly, coi điện trở cơ thể người bằng $1,7 \text{ k}\Omega$.

Bài 4. Hãy xác định dòng điện chạy qua cơ thể người khi chạm vào dây nguội của mạng điện đơn giản 220V với trung tính nối đất, biết đường dây từ nguồn đến điểm tiếp xúc được làm bằng dây A-25 ($r_0=1,28$ và $x_0 = 0,35 \text{ }\Omega/\text{km}$) chiều dài $l = 0,68 \text{ m}$. Phụ tải cuối đường dây là $S = 7,5 \text{ kVA}$, điện trở cơ thể người $R_{ng} = 1,3 \text{ k}\Omega$.

Bài 5. Hãy xác định dòng điện chạy qua cơ thể người khi chạm vào 1 dây pha của mạng điện 3 pha 380V trung tính cách ly ở chế độ a, làm việc bình thường và b, chế độ sự cố ngắn mạch ở một pha khác, biết điện trở cách điện $R_{cd} = 30 \text{ k}\Omega$ và điện trở cơ thể người là $1,5 \text{ k}\Omega$.

Bài 6. Hãy tính toán nối đất cho trạm biến áp công suất 250 kVA đặt trên một khu đất có diện tích $7 \times 8 \text{ m}$, điện trở của hệ thống tiếp địa tự nhiên là $R_{in} = 27,6 \Omega$, điện trở suất của đất là $\rho_0 = 1,24 \cdot 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ đo trong điều kiện trung bình ($k_{l.cqc} = 1,5$ và $k_{l.nga} = 2$); Cường độ dòng điện ngắn mạch một pha chạy qua hệ thống tiếp địa là $I_k^{(1)} = 450 \text{ A}$, thời gian tồn tại của dòng ngắn mạch là $t = 2$ giây.

Bài 7. Hãy tính toán nối đất lặp lại cho mạng điện hạ áp được cung cấp từ trạm biến áp công suất 50 kVA, điện trở suất của đất là $\rho_0 = 0,65 \cdot 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ đo trong điều kiện ẩm ướt ($k_{l.cqc} = 2$ và $k_{l.nga} = 3$).

Bài 8. Một mạng điện hạ áp 380V dài 0,82 km, có dây pha là A-70 và dây trung tính là A-35 được cung cấp từ trạm biến áp công suất 560 kVA. Đường dây được bảo vệ bởi cầu chảy với dòng định mức là $I_{n.cc} = 40 \text{ A}$. Hãy tính toán bảo vệ nối dây trung tính và xác định biểu đồ phân bố điện áp trên dây trung tính.

Phần II

Thiết kế cung cấp điện

Đồ án 1

THIẾT KẾ CUNG CẤP ĐIỆN CHO XƯỞNG SỬA CHỮA THIẾT BỊ

Thiết kế mạng điện cung cấp cho một xưởng sửa chữa thiết bị điện gồm các thiết bị (từ 1 đến 15) cho trong bảng 1.1.btl, công suất của các thiết bị (kW), kích thước của phân xưởng: dài-rộng-cao (mét). Nguồn điện cách nhà xưởng một đoạn l , (mét). Độ rọi yêu cầu của chiếu sáng phân xưởng E_{yc} , (Lux) cho trong bảng 1.2.btl, được lấy theo chữ cái đầu tiên của tên người thiết kế. Hao tổn điện áp cho phép từ nguồn đến đầu vào của các thiết bị dùng điện $\Delta U_{\text{ct}} = 2,5\%$. Hệ số công suất cần nâng lên là $\cos\varphi = 0,93$. Thời gian hoàn vốn $T_{\text{lc}} = 8$ năm, hệ số khấu hao thiết bị $k_{\text{kh}} = 6\%$; Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_{\text{M}} = 3500\text{h}$. Công suất ngắn mạch tại điểm đấu điện $S_{\text{k}} = 2,65$ MVA; Thời gian tồn tại của dòng ngắn mạch $t_{\text{k}} = 2,5\text{s}$. Hệ số công suất và hệ số sử dụng của các thiết bị cho trong bảng 1.2.btl.

Bảng 1.1. btl. Số liệu thiết kế cung cấp điện cho xưởng sửa chữa thiết bị điện

Alphabe	k.thước		E_{yc} , Lux	l , mét	Công suất của các thiết bị , kW														
	a x b	H			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	22x20	4.5	100	35	3	4	4	3	1,2	1	0,65	0,85	7	2,8	3	4,5	2,8	7	2,8
B	25x23	4	50	40	3,5	3	4	3,8	2x1,2	1	0,65	0,85	6,5	2,8	3,5	4,5	2,8	0	3,2
C	26x20	4.6	60	50	3	3,5	3,5	3,2	1,2	2x1	0,65	0,85	7	2,8	3	4	2,8	7	2,8
D	20x34	5	100	62	3,5	3,2	4,5	3,8	2x1,2	2x1	0,65	0,85	6,5	2,8	3,5	4,5	2,8	0	3
Đ	24x22	4.3	50	55	3,2	3	4	3,5	1,2	2x1	0,65	0	4,5	2,8	3,5	4,5	1,6	0	4
E	26x28	4,2	60	45	3,5	3	4	3,8	2x1,2	1	0,65	0,85	6,5	2,8	3,5	4	2,8	5	3,2
G	24x28	4,5	50	50	3,5	3,6	4,5	3	2x1,2	2x1	0	0,85	6,5	2,8	3,5	4,5	2,8	7	2,8
H	23x26	4,3	100	40	3,5	3,8	4	3	2x1,2	1	0,65	0,85	6	2,8	3,5	4,5	2,8	0	3
I	22x20	4,0	100	43	3	3,6	4,5	3,5	2x1,2	2x1	0,65	0,85	5	2,8	3	4	2,8	7	2,8
K	25x23	4,5	50	54	3,5	3,6	4,5	3	1,2	2x1	0	0,85	4,5	2,8	3,5	4,5	2,8	7	3,2
L	26x20	4,6	60	47	3,5	3	4,5	4	2x1,2	2x1	0,65	0,85	6,5	2,8	3,5	4,5	1,8	5	2,8
M	20x34	4,2	100	32	3,5	3,6	4,5	3,5	2x1,2	2x1	0	0,85	5	2,8	3,5	4,5	2,8	7	3
N	14x32	4,3	50	45	3	3,6	4	3,8	2x1,2	2x1	0,65	0,85	6,5	2,8	3,5	4	2,8	5	4
O	16x38	4,4	100	58	3,5	3,6	4,5	3	2x1,2	2x1	0	0,85	6,5	2,8	4	4,5	2,8	7	3,2
P	22x20	4,6	100	35	3	4	4	3	1x1,2	1	0,65	0,85	7	2,8	3	4,5	2,8	7	2,8
Q	12x28	4,7	50	45	3	4	3,5	3	1,2	1	0,65	0,85	5	2,8	3	4,5	2,8	6	2,8
R	26x20	4,8	60	50	3	3,5	3,5	3,2	1,2	2x1	0,65	0,85	7	2,8	3	4	2,8	7	2,8

Bảng 1.1.btl. (tiếp theo)

S	20x34	5,0	100	62	3,5	3,2	4,5	3,8	2x1,2	2x1	0,65	0,85	6,5	2,8	3,5	4,5	2,8	0	3
T	24x22	5,0	50	55	3,2	3	4	3,5	1,2	2x1	0,65	0	4,5	2,8	3,5	4,5	1,6	0	4
U	26x28	4,8	60	45	3,5	3	4	3,8	2x1,2	1	0,65	0,85	6,5	2,8	3,5	4	2,8	5	3,2
V	24x28	4,6	50	50	3,5	3,6	4,5	3	2x1,2	2x1	0	0,85	6,5	2,8	3,5	4,5	2,8	7	2,8
X	23x26	4,4	100	40	3,5	3,8	4	3	2x1,2	1	0,65	0,85	6	2,8	3,5	4,5	2,8	0	3
Y	22x20	4,2	100	43	3	3,6	4,5	3,5	2x1,2	2x1	0,65	0,85	5	2,8	3	4	2,8	7	2,8

Bảng 1.2. btl. Số liệu về các thiết bị

Số tt	Thiết bị	Hệ số k_{sd}	$\cos\varphi$
1	Bể ngâm dung dịch kiềm	0,35	1
2	Bể ngâm nước nóng	0,32	1
3	Bể ngâm tăng nhiệt	0,3	1
4	Tủ sấy	0,36	1
5	Máy quấn dây	0,57	0,80
6	Máy quấn dây	0,60	0,80
7	Máy khoan bàn	0,51	0,78
8	Máy khoan đứng	0,55	0,78
9	Bàn thử nghiệm	0,62	0,85
10	Máy mài	0,45	0,70
11	Máy hàn	0,53	0,82
12	Máy tiện	0,45	0,76
13	Máy mài tròn	0,4	0,72
14	Cân cầu điện	0,32	0,8
15	Máy bơm nước	0,46	0,82

Đề cương thực hiện

I. Nội dung của bản thuyết minh gồm các phần chính sau:

1. Tính toán chiếu sáng cho phân xưởng.
2. Tính toán phụ tải điện:
 - Phụ tải chiếu sáng;
 - Phụ tải thông thoáng và làm mát;

- Phụ tải động lực;
 - Phụ tải tổng hợp.
3. Vạch sơ đồ cấp điện, chọn phương án cung cấp điện hợp lý.
 4. Lựa chọn và kiểm tra các thiết bị của sơ đồ nối điện:
 - Chọn tiết diện dây dẫn của mạng động lực, dây dẫn của mạng chiếu sáng;
 - Chọn thiết bị bảo vệ.
 5. Tính chọn tụ bù nâng cao hệ số công suất.
 6. Dự toán.

II. Bản vẽ

1. Mặt bằng phân xưởng với sự bố trí của các thiết bị.
2. Sơ đồ mạng điện trên mặt bằng phân xưởng.
3. Sơ đồ nguyên lý của mạng điện có chỉ rõ các mã hiệu và các tham số của thiết bị được chọn.
4. Bảng số liệu tính toán mạng điện.

BÀI GIẢI MẪU

Tên người thiết kế là Quang, số liệu được lấy tương ứng với chữ cái Q. Thiết kế mạng điện cung cấp cho một xưởng sửa chữa thiết bị điện gồm các thiết bị với các tham số cho trong bảng 1.1.btl.

Al pha be	k.thước		E_{yc} Lux	l , mét	Công suất của các thiết bị , kW														
	a x b	H			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Q	12x28	4,7	50	45	3	4	3,5	3	1,2	1	0,65	0,85	5	2,8	3	4,5	2,8	6	2,8

Độ rọi yêu cầu của chiếu sáng phân xưởng $E_{yc} = 50$ lux. Hệ thống làm mát và thông thoáng bằng quạt trần và quạt hút. Hao tổn điện áp cho phép từ nguồn đến đầu vào của các thiết bị dùng điện $\Delta U_{ct} = 2,5\%$. Hệ số công suất cần nâng lên là $\cos\varphi = 0,93$; Kích thước của nhà xưởng $a \times b \times H$ (rộng, dài, cao) là $12 \times 28 \times 4,7$ mét. Điểm đấu điện cách nhà xưởng 45 mét. Thời

gian hoàn vốn $T = 8$ năm, hệ số khấu hao thiết bị $k_{kh} = 6\%$; Thời gian sử dụng công suất cực đại $T_M = 3500h$. Công suất ngắn mạch tại điểm đấu điện $S_k = 2,65$ MVA; Thời gian tồn tại của dòng ngắn mạch $t_k = 2,5s$.

Bảng 1.3. bl. Số liệu về các thiết bị

Số tt	Thiết bị	Công suất đặt P, kW	Hệ số k_{sd}	$\cos\phi$
1	Bể ngâm dung dịch kiềm	3	0,35	1
2	Bể ngâm nước nóng	4	0,32	1
3	Bể ngâm tăng nhiệt	3,5	0,3	1
4	Tủ sấy	3	0,36	1
5	Máy quấn dây	1,2	0,57	0,80
6	Máy quấn dây	1	0,60	0,80
7	Máy khoan bàn	0,65	0,51	0,78
8	Máy khoan đứng	0,85	0,55	0,78
9	Bàn thử nghiệm	5	0,62	0,85
10	Máy mài	2,8	0,45	0,70
11	Máy hàn	3	0,53	0,82
12	Máy tiện	4,5	0,45	0,76
13	Máy mài tròn	2,8	0,4	0,72
14	Cần cầu điện	6	0,32	0,8
15	Máy bơm nước	2,8	0,46	0,82

1. THIẾT KẾ CHIẾU SÁNG CHIẾU SÁNG

Vì xưởng sửa chữa có nhiều máy điện quay nên ta chọn đèn sợi đốt với công suất 200W và quang thông $F = 3000$ lumen, (bảng 45.pl)[1];

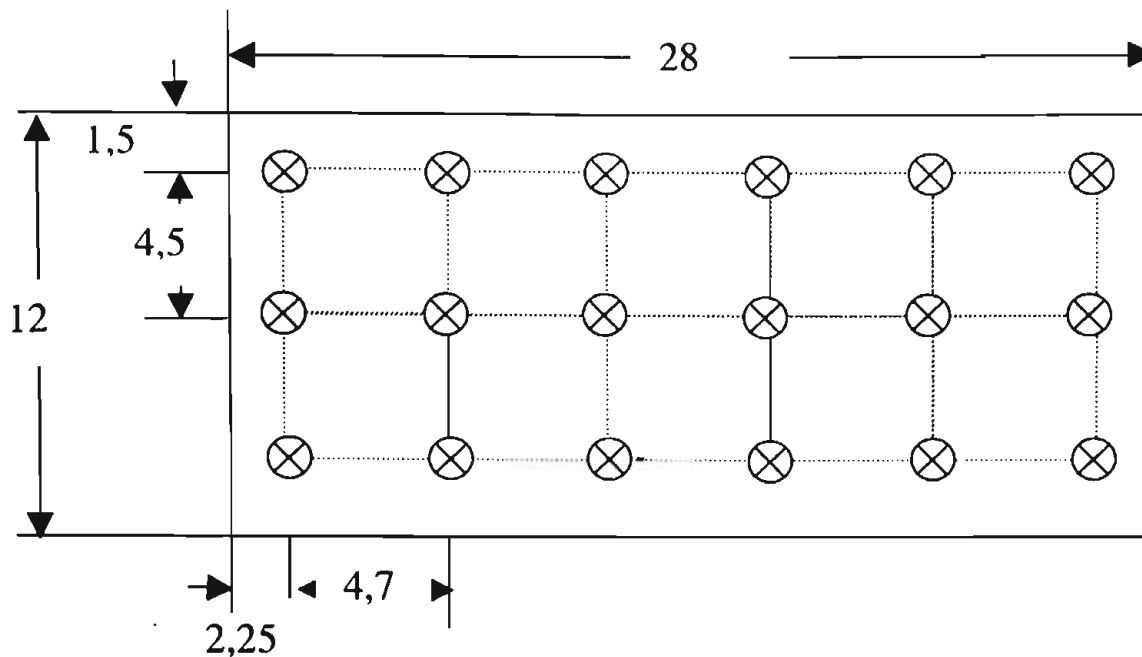
Chọn độ cao treo đèn $h' = 0,5$ m;

Chiều cao của mặt bằng làm việc $h_2 = 0,8$ m;

Chiều cao tính toán $h = H - h_2 = 4,7 - 0,8 = 3,9$ m;

Tỷ số treo đèn:

$$j = \frac{h'}{h + h'} = \frac{0,5}{3,9 + 0,5} = 0,114;$$



Hình 1.1.btl. Sơ đồ tính toán chiếu sáng.

Với loại đèn dùng để chiếu sáng cho phân xưởng sản xuất khoảng cách giữa các đèn được xác định theo tỷ lệ $L/h = 1,5$ (bảng 12.4), tức là

$$L = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 3,9 = 5,85 \text{ m}$$

Căn cứ vào kích thước của nhà xưởng ta chọn khoảng cách giữa các đèn là $L_d = 4,7 \text{ m}$ và $L_n = 4,5 \text{ m}$;

Kiểm tra điều kiện

$$\frac{4,7}{3} < 2,25 < \frac{4,7}{2} \quad \text{và} \quad \frac{4,5}{3} \leq 1,5 < \frac{4,5}{2};$$

Như vậy việc bố trí đèn là hợp lý;

Số lượng đèn tối thiểu để đảm bảo độ đồng đều của chiếu sáng là $N_{\min} = 18$;

Xác định hệ số không gian

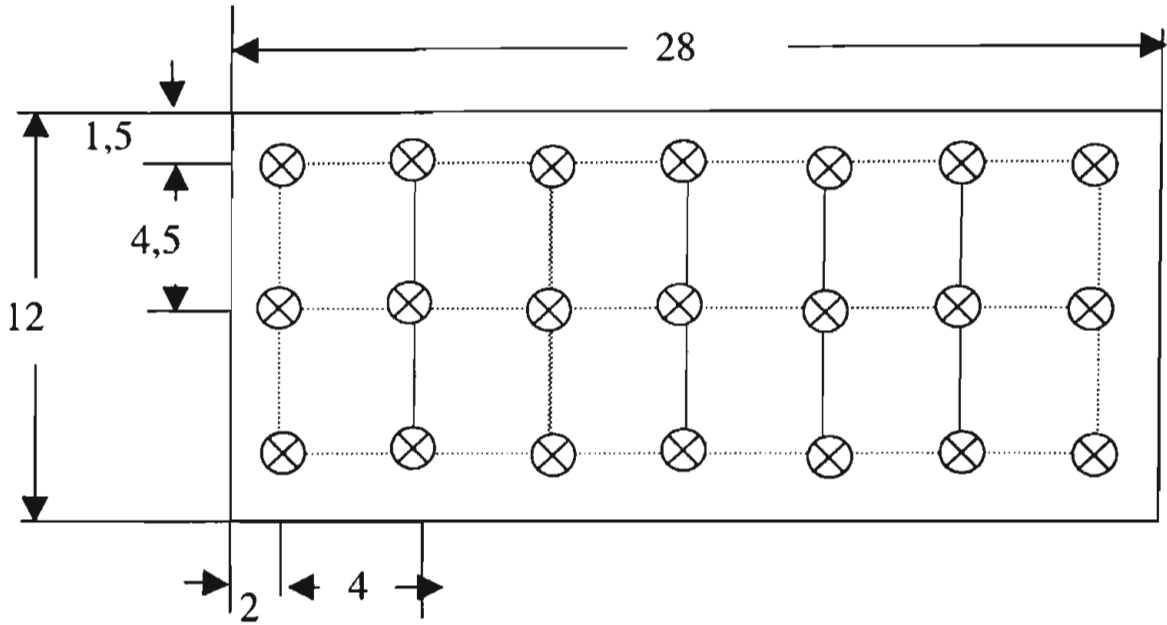
$$k_{kg} = \frac{a \cdot b}{h(a + b)} = \frac{12 \cdot 28}{3,9(12 + 28)} = 2,87$$

Coi hệ số phản xạ của nhà xưởng là: trần: 0,5; tường: 0,3 xác định hệ số lợi dụng ánh sáng tương ứng với hệ số không gian 2,87 là $k_{ld} = 0,56$ (bảng 47.pl)[1]. Lấy hệ số dự trữ là $\delta_{dt} = 1,2$ hệ số hiệu dụng của đèn $\eta = 0,58$, xác định tổng quang thông cần thiết

$$F = \frac{E_{yc} \cdot S \cdot \delta_{dt}}{\eta_d k_{ld}} = \frac{50 \cdot 12 \cdot 28 \cdot 1,2}{0,58 \cdot 0,56} = 62069 \text{ lm}$$

Số lượng đèn cần thiết để đảm bảo độ rọi yêu cầu

$$N = \frac{F_{\Sigma}}{F_d} = \frac{62069}{3000} = 20,69 > N_{\min} = 18 \text{ đèn}$$



Hình 1.2.btl. Sơ đồ chiếu sáng phân xưởng.

Như vậy tổng số đèn cần lắp đặt sẽ là 21 bóng được bố trí trên sơ đồ hình 2.btl.

Độ rọi thực tế

$$E = \frac{F_d N \eta k_{ld}}{a \cdot b \cdot \delta_{dt}} = \frac{3000 \cdot 21 \cdot 0,58 \cdot 0,56}{12 \cdot 28 \cdot 1,2} = 50,75 \text{ lx.}$$

Ngoài chiếu sáng chung cần trang bị thêm: cho mỗi máy (trừ tủ sấy) 1 đèn công suất 100 W để chiếu sáng cục bộ, cho 2 phòng thay đồ và 2 phòng vệ sinh mỗi phòng 1 bóng 100 W.

2. TÍNH TOÁN PHỤ TẢI

2.1. Xác định phụ tải động lực

Hệ số sử dụng tổng hợp

$$k_{sd\Sigma} = \frac{\sum P_i k_{sdi}}{\sum P_i} = 18,85/44,1 = 0,43$$

Số lượng hiệu dụng

$$n_{hd} = \frac{(\sum P_i)^2}{\sum P_i^2} = \frac{44,1^2}{163,6} = 12$$

Hệ số nhu cầu

$$k_{nc} = k_{sd\Sigma} + \frac{1 - k_{sd\Sigma}}{\sqrt{n_{hd}}} = 0,43 + \frac{1 - 0,43}{\sqrt{12}} = 0,59$$

Tổng công suất phụ tải động lực

$$P_{dl} = k_{nc} \sum P_i = 0,59 \cdot 44,1 = 26 \text{ kW}$$

Hệ số công suất của phụ tải động lực

$$\cos\varphi_{lb} = \frac{\sum P_i \cos\varphi_i}{\sum P_i} = 37,63/44,1 = 0,853$$

2.2. Xác định phụ tải chiếu sáng

Tổng công suất chiếu sáng chung (coi hệ số đồng thời là 1)

$$P_{cs, ch} = k_{dt} N \cdot P_d = 1 \cdot 21 \cdot 200 = 4200 \text{ W};$$

Chiếu sáng cục bộ:

$$P_{cb} = (14+4)100 = 1800$$

Vậy tổng công suất chiếu sáng là $4200 + 1800 = 6000 \text{ W} = 6 \text{ kW}$

Vì dùng đèn sợi đốt nên hệ số $\cos\varphi$ của nhóm chiếu sáng bằng 1.

2.3. Phụ tải thông thoáng

Phân xưởng sẽ được trang bị 8 quạt trần mỗi quạt 120 W và 4 quạt hút mỗi quạt 80 W; hệ số công suất trung bình của nhóm là 0,8.

Tổng công suất thông thoáng và làm mát:

$$P_{lm} = 8 \cdot 120 + 4 \cdot 80 = 1200 \text{ W}$$

Kết quả tính toán phụ tải của các nhóm biểu thị trong bảng 2.btl sau

Bảng 1.4.btl: Kết quả tính toán phụ tải

TT	Phụ tải	P, kW	cosφ
1	Động lực	26	0,853
2	Chiếu sáng	6	1
3	Làm mát , thông thoáng	1,2	0,8

Tổng công suất tính toán của 2 nhóm phụ tải chiếu sáng và làm mát

$$P_{cs-Lm} = 6 + [(\frac{1,2}{5})^{0,04} - 0,41]1,2 = 6,64 \text{ kW}$$

2.4. Tổng công suất tính toán của toàn phân xưởng

$$P_{\Sigma} = 26 + [(\frac{6,64}{5})^{0,04} - 0,41]6,64 = 30 \text{ kW}$$

Hệ số công suất tổng hợp

$$\cos\varphi_{\Sigma} = \frac{\sum P_i \cos\varphi_i}{\sum P_i} = \frac{26 \cdot 0,85 + 6 \cdot 1 + 1,2 \cdot 0,8}{26 + 3,6 + 1,2} = 0,866$$

$$S_{\Sigma} = P_{\Sigma} / \cos\varphi_{\Sigma} = 30 / 0,866 = 34,64 \text{ kVA}$$

$$Q_{\Sigma} = S_{\Sigma} \sin\varphi_{\Sigma} = 34,64 \cdot 0,5 = 17,32 \text{ kVAr.}$$

3. CHỌN SƠ ĐỒ NỐI ĐIỆN

3.1. Sơ bộ phân bố vị trí của các thiết bị trong phân xưởng (hình 1.3.btl)

Trên cơ sở phân bố thiết bị ta so sánh 2 phương án nối điện:

Phương án 1: Đặt tủ phân phối tại góc xưởng và kéo đường cáp đến từng thiết bị.

Phương án 2: Đặt tủ phân phối tại trung tâm phụ tải và từ đó kéo điện đến từng thiết bị.

3.2. Tính toán lựa chọn phương án tối ưu

Phương án 1: Chọn dây dẫn đến phân xưởng là cáp đồng 3 pha được lắp đặt trong rãnh.

Dòng điện chạy trên đường dây

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{34,64}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 52,63 \text{ A}$$

Mật độ dòng điện kinh tế ứng với $T_M = 3500$ của cáp đồng là $3,1 \text{ A/mm}^2$ (bảng 9.pl.BT) vậy tiết diện dây cáp là

$$F = \frac{I}{j_{kt}} = \frac{52,63}{3,1} = 17 \text{ mm}^2$$

Ta chọn cáp XLPE.16 có $r_0 = 1,25$ và $x_0 = 0,07 \text{ } \Omega/\text{km}$;

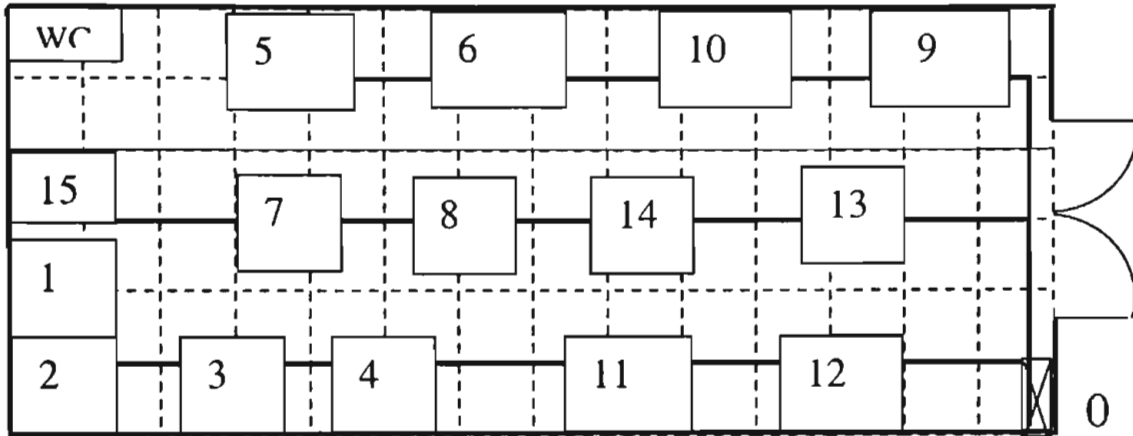
Xác định hao tổn điện áp thực tế

$$\Delta U = \frac{P \cdot r_0 + Q \cdot x_0}{U_n} L = \frac{30 \cdot 1,25 + 17,32 \cdot 0,07}{0,38} \cdot 0,045 = 4,58 \text{ V}$$

Tổn thất điện năng

$$\Delta A = \frac{P^2 + Q^2}{U_n^2} r_0 L \cdot \tau = \frac{30^2 + 17,32^2}{0,38^2} \cdot 1,25 \cdot 0,045 \cdot 1968 \cdot 10^{-3} = 920 \text{ kWh/năm}$$

$$\tau = (0,124 + T_M \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 3500 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 1968 \text{ h}$$



Hình 1.3.bl: Sơ đồ bố trí thiết bị phương án 1.

Chi phí tổn thất điện năng

$$C = \Delta A \cdot c_{\Delta} = 920 \cdot 750 = 0,69 \cdot 10^6 \text{ đ/năm}$$

Vốn đầu tư của đoạn dây

$$V = v_0 \cdot L = 53,52 \cdot 10^6 \cdot 0,045 = 3,76 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

Hệ số tiêu chuẩn sử dụng vốn và khấu hao

$$p = 1/T_{ic} + k_{kh} = 1/8 + 0,06 = 0,185$$

Chi phí quy đổi

$$Z = pV + C = (0,185 \cdot 3,76 + 0,69) \cdot 10^6 = 1,39 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

Xác định tiết diện dây dẫn từ tủ phân phối đến các thiết bị

Dòng điện chạy trên đoạn 01

$$I_{01} = \frac{S_{01}}{\sqrt{3}U} = \frac{3}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 4,56 \text{ A}$$

Tiết diện dây dẫn

$$F_{01} = \frac{I_{01}}{j_{kt}} = \frac{4,56}{3,1} = 1,47 \text{ mm}^2$$

Ta chọn cáp XLPE.2,5 có $r_0 = 8$ và $x_0 = 0,09 \text{ } \Omega/\text{km}$

Hao tổn điện áp thực tế

$$U_{01} = \frac{P_{01} \cdot r_0 + Q_{01} \cdot x_0}{U_n} L_{01} = \frac{3,8}{0,38} \cdot 0,032 = 2,02 \text{ V}$$

Bảng 1.5.btl. Kết quả tính toán phương án 1

Đoạn dây	Công suất			Dòng I, A	Tiết diện		L, m	Điện trở		Hao tổn		Chi phí. 10 ⁶ đ			
	P, kW	Q, kVAr	S, kVA		F, mm ²	Fc, mm ²		r ₀ , Ω/km	x ₀	ΔU	ΔA	v ₀ , đ/km	V đ	C đ/năm	Z đ/năm
Đ-0	30,00	17,32	34,64	52,63	16,98	16	45,00	1,25	0,07	4,58	920,00	83,52	3,76	0,69	1,39
0-1	3,00	0,00	3,00	4,56	1,47	2,5	32,00	8,00	0,09	2,02	31,40	30,88	0,99	0,02	0,21
0-2	4,00	0,00	4,00	6,08	1,96	2,5	30,00	8,00	0,09	2,53	52,33	30,88	0,93	0,04	0,21
0-3	3,50	0,00	3,50	5,32	1,72	2,5	26,00	8,00	0,09	1,92	34,73	30,88	0,80	0,03	0,17
0-4	3,00	0,00	3,00	4,56	1,47	2,5	22,00	8,00	0,09	1,39	21,59	30,88	0,68	0,02	0,14
0-5	1,20	0,90	1,50	2,28	0,74	2,5	36,00	8,00	0,09	0,92	8,83	30,88	1,11	0,01	0,21
0-6	1,00	0,75	1,25	1,90	0,61	2,5	30,00	8,00	0,09	0,64	5,11	30,88	0,93	0,00	0,18
0-7	0,65	0,52	0,83	1,27	0,41	2,5	32,00	8,00	0,09	0,44	2,42	30,88	0,99	0,00	0,18
0-8	0,85	0,68	1,09	1,66	0,53	2,5	26,00	8,00	0,09	0,47	3,37	30,88	0,80	0,00	0,15
0-9	5,00	3,10	5,88	8,94	2,88	4	14,00	5,00	0,09	0,93	33,01	45,72	0,64	0,02	0,14
0-10	2,80	2,86	4,00	6,08	1,96	2,5	18,00	8,00	0,09	1,07	31,40	30,88	0,56	0,02	0,13
0-11	3,00	2,09	3,66	5,56	1,79	2,5	10,00	8,00	0,09	0,64	14,59	30,88	0,31	0,01	0,07
0-12	4,50	3,85	5,92	9,00	2,90	4	5,00	5,00	0,09	0,30	11,95	45,72	0,23	0,01	0,05
0-13	2,80	2,70	3,89	5,91	1,91	2,5	10,00	8,00	0,09	0,60	16,49	30,88	0,31	0,01	0,07
0-14	6,00	4,50	7,50	11,40	3,68	4	15,00	5,00	0,09	1,20	57,50	45,72	0,69	0,04	0,17
0-15	2,80	1,95	3,41	5,19	1,67	2,5	33,00	8,00	0,09	1,96	41,95	30,88	1,02	0,03	0,22
Σ													14,73		3,69

$$\Delta A = \frac{3^2}{0,38^2} \cdot 8,0,032 \cdot 1968 \cdot 10^{-3} = 31,4 \text{ kWh/năm}$$

$$C = \Delta A \cdot c_{\Delta} = 31,4 \cdot 750 = 0,02 \cdot 10^6 \text{ đ/năm}$$

Vốn đầu tư của đoạn dây

$$V = v_0 \cdot L = 30,88 \cdot 10^6 \cdot 0,032 = 0,99 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

$$Z = pV + C = (0,185 \cdot 0,99 + 0,02) \cdot 10^6 = 0,21 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

Tính toán tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng 1.5.btl

Hao tổn điện áp cực đại

$$\Delta U_M = \Delta U_{D-0} + \max\{\Delta U_i\} = 4,58 + 2,53 = 7,11 \text{ V}$$

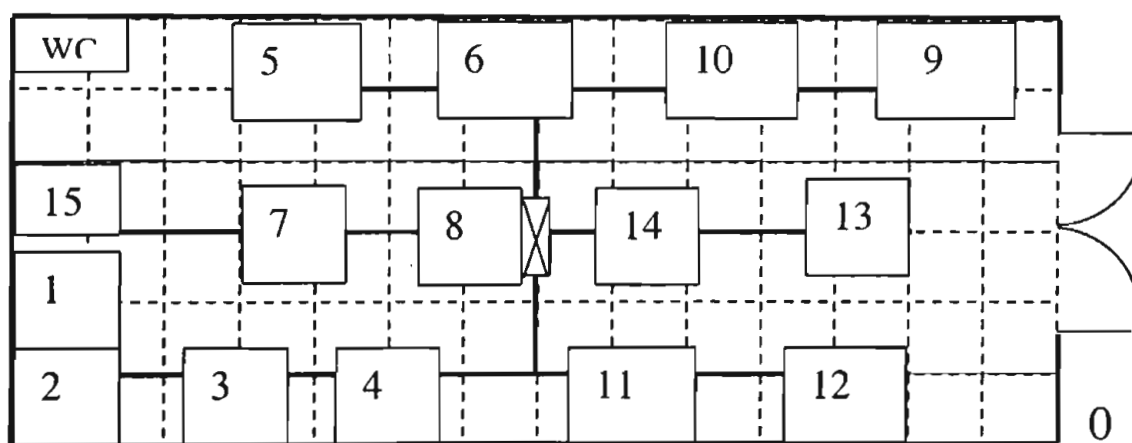
Hao tổn điện áp cho phép

$$\Delta U_{cp} = \frac{\Delta U_{cp} \% \cdot U_n}{100} = \frac{2,5 \cdot 380}{100} = 9,5 \text{ V}$$

Như vậy $\Delta U_M < \Delta U_{cp}$, tức là mạng điện đảm bảo yêu cầu về chất lượng.

Phương án 2: Đặt tủ phân phối ở giữa phân xưởng, lúc đó khoảng cách từ điểm đấu điện đến tủ phân phối sẽ là

$$L = 45 + 6 + 14 = 65 \text{ m}$$



Hình 1.4.btl: Sơ đồ bố trí thiết bị phương án 2.

Bảng 1.6.btl. Kết quả tính toán phương án 2

Đoạn dây	Công suất			Dòng I, A	Tiết diện		L, m	Điện trở		Hao tổn		Chi phí, 10 ⁶ đ			
	P, kW	Q, kVAr	S, kVA		F, mm ²	F _c , mm ²		r ₀ , Ω/km	x ₀	ΔU	ΔA	v ₀ , đ/km	V, đ	C, đ/năm	Z, đ/năm
Đ-0	30,00	17,32	34,64	52,63	16,98	16	65	1,25	0,07	6,62	1328,89	83,52	5,43	0,97	1,97
0-1	3,00	0,00	3,00	4,56	1,47	2,5	17,00	8,00	0,09	1,07	16,68	30,88	0,52	0,01	0,11
0-2	4,00	0,00	4,00	6,08	1,96	2,5	20,00	8,00	0,09	1,68	34,89	30,88	0,62	0,03	0,14
0-3	3,50	0,00	3,50	5,32	1,72	2,5	16,00	8,00	0,09	1,18	21,37	30,88	0,49	0,02	0,11
0-4	3,00	0,00	3,00	4,56	1,47	2,5	10,00	8,00	0,09	0,63	9,81	30,88	0,31	0,01	0,06
0-5	1,20	0,90	1,50	2,28	0,74	2,5	10,00	8,00	0,09	0,25	2,45	30,88	0,31	0,00	0,06

Bảng 1.6.btl (tiếp theo)

0-6	1.00	0.75	1.25	1.90	0.61	2.5	8.00	8.00	0.09	0.17	1.36	30.88	0.25	0.00	0.05
0-7	0.65	0.52	0.83	1.27	0.41	2.5	6.00	8.00	0.09	0.08	0.45	30.88	0.19	0.00	0.03
0-8	0.85	0.68	1.09	1.66	0.53	2.5	2.00	8.00	0.09	0.04	0.26	30.88	0.06	0.00	0.01
0-9	5.00	3.10	5.88	8.94	2.88	4	18.00	5.00	0.09	1.20	42.44	45.72	0.82	0.03	0.18
0-10	2.80	2.86	4.00	6.08	1.96	2.5	10.00	8.00	0.09	0.60	17.44	30.88	0.31	0.01	0.07
0-11	3.00	2.09	3.66	5.56	1.79	2.5	8.00	8.00	0.09	0.51	11.67	30.88	0.25	0.01	0.05
0-12	4.50	3.85	5.92	9.00	2.90	4	14.00	5.00	0.09	0.84	33.45	45.72	0.64	0.03	0.14
0-13	2.80	2.70	3.89	5.91	1.91	2.5	9.00	8.00	0.09	0.54	14.84	30.88	0.28	0.01	0.06
0-14	6.00	4.50	7.50	11.40	3.68	4	4.00	5.00	0.09	0.32	15.33	45.72	0.18	0.01	0.05
0-15	2.80	1.95	3.41	5.19	1.67	2.5	14.00	8.00	0.09	0.83	17.80	30.88	0.43	0.01	0.09
Σ													11,09	1.15	3,18

Khoảng cách từ tủ phân phối đến các thiết bị được xác định theo sơ đồ bố trí thiết bị hình 1.4.btl. Tính toán tương tự như phương án 1, kết quả ghi trong bảng 1.6.btl.

Hao tổn điện áp cực đại

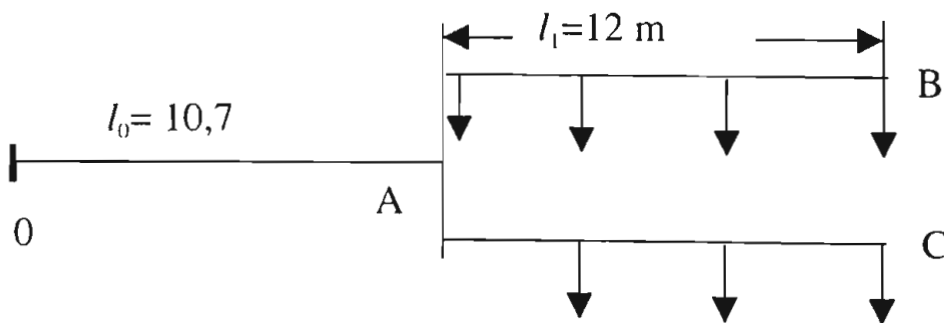
$$\Delta U_M = \Delta U_{D,0} + \max\{\Delta U_i\} = 6,14 + 1,68 = 7,83 \text{ V} < \Delta U_{cp}$$

So sánh kết quả tính toán của 2 phương án ta thấy phương án 2 có tổng chi phí quy đổi nhỏ hơn phương án 1.

Sự chênh lệch chi phí được xác định

$$\Delta Z = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1} 100 = \frac{3,69 - 3,18}{3,69} 100 = 13,8\%$$

Như vậy về chỉ tiêu kỹ thuật 2 phương án tương đương nhau còn về kinh tế thì phương án 2 chiếm ưu thế rõ rệt.



Hình 1.5.btl. Sơ đồ mạch điện chiếu sáng.

* Tính toán mạng điện chiếu sáng:

Do tủ phân phối được đặt ở trung tâm nên mạng điện chiếu sáng được xây dựng với 2

mạch giống rẽ về 2 phía: mạch thứ nhất gồm 12 bóng công suất $12 \times 0,2 = 2,4$ kW; mạch thứ 2 gồm 9 bóng công suất $9 \times 0,2 = 1,8$ kW.

Momen tải

$$M_0 = P_0 l_0 = 4,2 \cdot 10,7 = 44,94 \text{ kWm.}$$

$$M_1 = P_1 l_1 = 2,4 \cdot 12 = 28,8.$$

$$M_2 = P_2 l_2 = 1,8 \cdot 12 = 21,6.$$

$$\text{Mômen quy đổi } M_{qd} = M_0 + \alpha(M_1 + M_2) = 44,94 + 1,33(28,8 + 21,6) = 110,46 \text{ kWm}$$

Hệ số α xác định theo bảng 4.5.2 [1] ứng với mạch 2 pha có trung tính $\alpha = 1,33$.

Tiết diện dây dẫn của đoạn OA

$$F_{0A} = \frac{M_{qd}}{C \cdot \Delta U_{cp.cs}} = \frac{110,46}{83 \cdot 0,9} = 1,48 \text{ mm}^2 \text{ ta chọn dây có } F = 2,5 \text{ mm}^2$$

Giá trị $\Delta U_{cp.cs} = \Delta U_{cp} - \Delta U_{D-0} = 2,5 - 1,6 = 0,9\%$

$$\Delta U_{D-0} = \frac{6,14 \cdot 100}{380} = 1,6\%$$

Hệ số $C = 83$ (bảng 4.pl.BT), ứng với dây đồng mạng điện 3 pha

Hao tổn điện áp thực tế trên đoạn OA

$$\Delta U_{0A} = \frac{M_{qd}}{C \cdot \Delta U_{cp.cs}} = \frac{110,46}{83 \cdot 2,5} = 0,53\%$$

Tiết diện dây dẫn các nhánh rẽ

$$F_{AB} = \frac{M_{AB}}{C_{AB} \cdot \Delta U_{cp.AB}} = \frac{28,8}{37 \cdot 0,37} = 2,1 \text{ mm}^2 \text{ ta chọn dây dẫn có } F = 2,5 \text{ mm}^2$$

Hao tổn điện áp cho phép trên các nhánh rẽ

$$\Delta U_{cp.AB} = \Delta U_{D-0} - \Delta U_{0A} = 0,9 - 0,53 = 0,37\%$$

Hệ số $C_{AB} = 37$ (bảng 4.pl.BT).

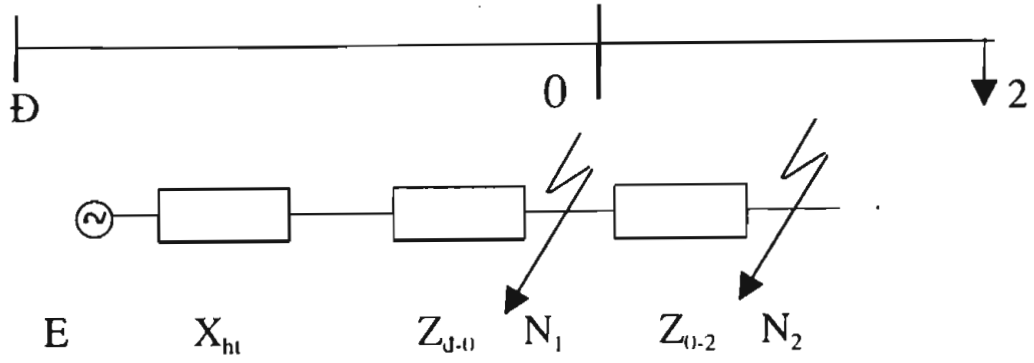
Tính tương tự cho nhánh AC: $F_{AC} = 1,58$, ta chọn dây dẫn có $F = 2,5 \text{ mm}^2$.

4. CHỌN THIẾT BỊ BẢO VỆ

4.1. Tính toán ngắn mạch

Ta tiến hành xác định dòng điện ngắn mạch tại 2 vị trí đặc trưng là trên thanh cái của tủ

phân phối và tại một điểm xa nhất của mạch đó là điểm số 2.



Hình 1.6.btl. Sơ đồ tính toán ngắn mạch .

Xác định điện trở của các phần tử mạch điện

$$X_{hl} = \frac{U_{cb}^2}{S_k} = \frac{0,38^2}{2,65} = 54,5 \cdot 10^{-3} \Omega = 54 \text{ m}\Omega$$

$$X_{D-0} = x_0 \cdot L_{D-0} = 0,07 \cdot 60,23 = 4,22 \text{ m}\Omega$$

$$R_{D-0} = r_0 \cdot L_{D-0} = 1,25 \cdot 60,23 = 75,29 \text{ m}\Omega$$

$$X_{0-2} = x_0 \cdot L_{0-2} = 0,09 \cdot 20 = 1,8 \text{ m}\Omega$$

$$R_{0-2} = r_0 \cdot L_{0-2} = 8 \cdot 20 = 160 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{k1} = \sqrt{R_{D-0}^2 + (X_{hl} + X_{D-0})^2} = \sqrt{75,29^2 + (54 + 4,22)^2} = 95,17 \text{ m}\Omega$$

$$\begin{aligned} Z_{k2} &= \sqrt{(R_{D-0} + R_{0-2})^2 + (X_{hl} + X_{D-0} + X_{0-2})^2} = \\ &= \sqrt{(75,29 + 160)^2 + (54 + 4,22 + 1,8)^2} = 242,82 \text{ m}\Omega \end{aligned}$$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại N_1

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{E}{Z_{k1}} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 95,17} = 2,3 \text{ kA}$$

với tỷ số $\frac{X_k}{R_k} = \frac{58,22}{75,29} = 0,773 < 1$ thì hệ số xung kích $k_{xk} = 1,03$ (bảng 6.3.1) [1]

Dòng ngắn mạch xung kích: $i_{xk1} = \sqrt{2} \cdot k_{xk} \cdot I_{k1}^{(3)} = 1,414 \cdot 1,03 \cdot 2,3 = 3,35 \text{ kA}$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại N_2

$$I_{k2}^{(3)} = \frac{E}{Z_{k2}} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{k2}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 242,82} = 0,903 \text{ kA}$$

Tương tự dòng xung kích: $i_{xk2} = \sqrt{2} \cdot k_{xk} \cdot I_{k2}^{(3)} = 1,414 \cdot 1,03 \cdot 0,903 = 1,315 \text{ kA}$

4.2. Chọn aptomat cho mạch chiếu sáng

Dòng làm việc của mạch chiếu sáng

$$I_{cs} = \frac{4,2}{\sqrt{3 \cdot 0,38}} = 6,38 \text{ A}$$

ta chọn aptomat loại АΠ50-3Т có dòng định mức $I_n = 10 \text{ A}$;

4.3. Chọn aptomat bảo vệ động cơ

Tính toán tiêu biểu cho 1 động cơ là máy tiện:

$$I_{kd} = \frac{I_n}{\alpha} = \frac{3,5 \cdot 9}{2,5} = 12,6 \text{ A,}$$

ta chọn aptomat loại АΠ50-3Т có dòng định mức $I_n = 15 \text{ A}$;

Tính toán tương tự cho các thiết bị khác, kết quả ghi trong bảng 1.7.btl.

4.4. Chọn aptomat tổng

Dòng khởi động được xác định theo biểu thức

$$I_{kd} = \frac{I_{mm.Max}}{\alpha} + \sum_1^{n-1} I_{ni} = \frac{3,5 \cdot 11,4}{2,5} + (4,56 + 6,08 + 5,32 + 4,56 + 2,28 + 1,9 + 1,27 + 1,66 + 8,94 + 6,08 + 5,56 + 9 + 5,91 + 6,38) = 15,96 + 74,66 = 90,62 \text{ A}$$

Ta chọn aptomat loại EA103G (bảng 31.pl) [1] có dòng định mức là 100 A.

Bảng 1.7.btl Kết quả tính chọn thiết bị bảo vệ

TT	$I_{lv}, \text{ A}$	Aptomat	$I_{n\Delta p}, \text{ A}$	TT	I_{lv}	Aptomat	$I_{n\Delta p}$
	90,62	EA103G	100	8	2,32	АΠ50-3MT	10
1	4,56	АΠ50-3MT	10	9	8,94	АΠ50-3MT	10
2	6,08	АΠ50-3MT	10	10	8,51	АΠ50-3MT	10
3	5,32	АΠ50-3MT	10	11	7,78	АΠ50-3MT	10
4	4,56	АΠ50-3MT	10	12	12,6	АΠ50-3MT	15
5	3,2	АΠ50-3MT	10	13	8,27	АΠ50-3MT	10
6	2,66	АΠ50-3MT	10	14	16	АΠ50-3MT	20
7	1,77	АΠ50-3MT	10	15	7,26	АΠ50-3MT	10
				cs	6,38	АΠ50-3MT	10

* Kiểm tra ổn định nhiệt của cáp đã chọn

$$F_{\min} = \frac{I_{kl}^{(3)} \cdot \sqrt{t_k}}{C_t} = \frac{2,3 \cdot \sqrt{2,5}}{159} \cdot 10^3 = 22,87 \text{ mm}^2 > F_c = 16 \text{ mm}^2$$

Coi thời gian tồn tại ngắn mạch $t_k = 2,5s$ với cáp đồng $C_t = 159$ (bảng 8.pl.BT).

Vậy cáp đã chọn không thể đảm bảo điều kiện ổn định nhiệt, do đó ta cần chọn loại cáp có tiết diện lớn hơn XLPE.25.

4.5. Chọn thanh cái

Thanh cái dẹt bằng đồng tiết diện

$$F_{tc} = \frac{I}{j_{kt}} = \frac{52,63}{3,1} = 17 \text{ mm}^2$$

Ta chọn thanh cái $50 \times 5 = 25 \text{ mm}^2$

Thanh cái được kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt tương tự như đối với cáp, có nghĩa là với tiết diện $F = 25 \text{ mm}^2$ thanh cái đạt yêu cầu về ổn định nhiệt.

5. CHỌN TỤ BÙ

Yêu cầu hệ số công suất cần nâng lên giá trị $\cos\varphi_2 = 0,93 \rightarrow \text{tg}\varphi_2 = 0,395$

$$Q_b = P(\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_2) = 30(0,577 - 0,395) = 5,46 \text{ kVAr}$$

Chọn tụ bù loại KM1-0,38 có công suất $Q = 6 \text{ kVAr}$ (bảng 40.pl) [1].

6. HẠCH TOÁN CÔNG TRÌNH

Trong phần hạch toán công trình ta chỉ xét đến các thiết bị chính mà được liệt kê trong bảng 1.8.btl

Bảng 1.8.btl. Liệt kê thiết bị và hạch toán giá thành

TT	Tên thiết bị	Quy cách	Đơn vị	Số lượng	Đơn giá, 10^3đ	V 10^6đ
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Cáp hạ áp	XLPE. 16	M	65	83,52	5,43
2	-nt-	XLPE. 4		36	45,82	1,65
3	-nt-	XLPE. 2,5		164,7	30,88	5,09
4	Vỏ tủ điện		Cái	1	600	0,60
5	Aptomat tổng	EAI03G	Cái	1	3500	3,50

Bảng 1.8.btl (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
6	Aptomat nhánh	API50-3MT	Cái	16	500	8,0
7	Biến dòng	TKM-0,5	Bộ	1	1000	0,30
8	Ampe kế	0-200 A	Cái	3	250	0,45
9	Vôn kế	0-500 V	Cái	1	200	0,2
10	Công tơ 3 pha		Cái	1	1500	1,5
11	Tụ bù	KM1-0,38	bộ	1	1200	1,2
	Σ					27,92

* Tổng giá thành công trình là $\Sigma V = 27,5$ triệu đồng

* Tổng giá thành có tính đến công lắp đặt

$$V_{\Sigma} = k_{ld} \Sigma V = 1,1.27,92 = 30,712 \text{ triệu đồng}$$

* Giá thành một đơn vị công suất đặt

$$g_d = \frac{\Sigma V}{S_d} = \frac{30,712}{34,64} \cdot 10^6 = 0,887 \cdot 10^6 \text{ đ/kVA}$$

* Tổng chi phí quy đổi

$$Z_{\Sigma} = p V_{\Sigma} + C = (0,185 \cdot 30,712 + 1,15) \cdot 10^6 = 6,812 \cdot 10^6 \text{ đ./năm.}$$

* Tổng điện năng tiêu thụ

$$\Sigma A = P_{\Sigma} \cdot T_M = 30 \cdot 3500 = 105000 \text{ kWh}$$

* Tổng chi phí trên một đơn vị điện năng

$$g = \frac{Z_{\Sigma}}{\Sigma A} = \frac{6,812}{105000} \cdot 10^6 = 65,06 \text{ đ/kWh.}$$

Đồ án 2

THIẾT KẾ CUNG CẤP ĐIỆN CHO MỘT XÍ NGHIỆP CÔNG NGHIỆP

Đề bài

Thiết kế cung cấp điện cho một xí nghiệp công nghiệp gồm các phân xưởng với các dữ kiện cho trong bảng 2.1.btl, lấy theo vần alphabê của Họ và tên người thiết kế. Nguồn điện được lấy từ điểm đấu điện của lưới 22 kV có toạ độ và công suất ngắn mạch tại điểm đấu điện ứng với dòng có chữ cái đầu tiên của tên đệm. Thời gian sử dụng công suất cực đại là $T_M = 5100$ h. Phụ tải loại I và loại II chiếm 75%. Giá thành tổn thất điện năng $c_\Delta = 1000d/kWh$; suất thiệt hại do mất điện $g_{th} = 4500d/kWh$; hao tổn điện áp cho phép trong mạng hạ áp $\Delta U_{cp} = 5\%$. Các số liệu khác lấy trong phụ lục và các sổ tay thiết kế điện.

Giải mã: Các số liệu được lấy theo vần alphabê của họ và tên người thiết kế; Tổng số chữ cái của họ, tên đệm và tên là tổng số phân xưởng ứng với số liệu gồm toạ độ, số lượng máy công tác và kích thước nhà xưởng (từ cột 2 đến cột 6); trường hợp có chữ cái trùng thì lấy theo dòng tiếp theo. Ví dụ học sinh Nguyễn Văn Ba sẽ phải thiết kế cho nhà máy có 11 phân xưởng : N, G, U, Y, Ê, O, V, Æ, Ó, B và A. Số liệu về nguồn điện (cột 7÷9) lấy theo chữ cái đầu tiên của tên đệm; Ví dụ trong trường hợp trên số liệu nguồn ứng với dòng V. Số liệu về phụ tải động lực của mỗi phân xưởng gồm công suất định mức, hệ số sử dụng và hệ số $\cos\varphi$ (cột 10÷12) được lấy bắt đầu từ chữ cái của dòng tương ứng trở xuống.

NHIỆM VỤ THIẾT KẾ

I. Tính toán phụ tải

1.1. Xác định phụ tải tính toán của từng phân xưởng

* Xác định phụ tải động lực của các phân xưởng.

* Xác định phụ tải chiếu sáng (lấy $p_0 = 12 \text{ W/m}^2$).

* Tổng hợp phụ tải của mỗi phân xưởng.

1.2. Tổng hợp phụ tải của toàn xí nghiệp xây dựng biểu diễn biểu đồ phụ tải trên mặt bằng xí nghiệp dưới dạng các hình tròn bán kính r

II. Xác định sơ đồ nối của mạng điện

2.1. Xác định vị trí đặt của trạm biến áp

2.2. Chọn dây dẫn từ nguồn đến trạm biến áp .

2.3. Lựa chọn sơ đồ nối điện từ trạm biến áp để các phân xưởng (so sánh ít nhất 2 phương án).

2.4. Chọn công suất và số lượng máy biến áp .

III. Tính toán điện

3.1. Xác định hao tổn điện áp trên đường dây và trong máy biến áp .

3.2. Xác định hao tổn công suất .

3.3. Xác định tổn thất điện năng.

IV. Chọn và kiểm tra thiết bị điện

4.1. Tính toán ngắn mạch tại các điểm đặc trưng (chọn điểm ngắn mạch phù hợp).

4.2. Chọn và kiểm tra thiết bị:

- Cáp điện lực;

- Thanh cái và sứ đỡ;

- Máy cắt, dao cách ly, cầu dao, cầu chảy, aptômat;

- Máy biến dòng và các thiết bị đo lường vv.

4.3. Kiểm tra chế độ mở máy của động cơ

V. Tính toán bù hệ số công suất

5.1. Tính toán bù công suất phản kháng để nâng hệ số công suất lên giá trị $\cos\varphi_2 = 0,9$

5.2. Đánh giá hiệu quả bù

VI. Tính toán nối đất

VII. Hạch toán công trình

7.1. Liệt kê thiết bị

7.2. Xác định các chỉ tiêu kinh tế:

- Tổng vốn đầu tư của công trình;

- Vốn đầu tư trên một đơn vị công suất đặt;

- Tổng chi phí trên một đơn vị điện năng vv.

Bản vẽ:

1. Sơ đồ mạng điện trên mặt bằng xí nghiệp (gồm cả các sơ đồ của các phương án so sánh).
2. Biểu đồ phụ tải .
3. Bảng số liệu tính toán so sánh các phương án.
4. Sơ đồ trạm biến áp gồm: sơ đồ nguyên lý, sơ đồ mặt bằng và mặt cắt trạm biến áp.

Bảng 2.1.bl. Số liệu thiết kế cung cấp điện cho một xí nghiệp

Alphabe	Toạ độ X,Y; số lượng máy công tác N và kích thước axb của phân xưởng				Số liệu tại điểm đấu điện			Công suất, hệ số sử dụng và hệ số cosφ của các máy công tác		
					Toạ độ, m		S _k , MVA			
	toạ độ, m		N	a x b m ²	X _n ,	Y _n ,	S _k ,	P. kW	k _{sd}	cosφ
x	y									
<i>I</i>	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12
A	200	24	6	18x20	327	210	165	10	0,37	0,8
Ã	110	75	5	16x30	368	137	210	4,5	0,67	0,73
Â	148	28	7	12x20	437	69	160	3	0,75	0,75
B	167	87	6	15x24	26	427	200	5	0,63	0,76
C	58	94	8	16x20	480	56	240	4,5	0,56	0,8
D	36	120	9	20x34	510	43	165	6	0,65	0,82
Đ	24	176	8	14x22	316	58	210	3,6	0,72	0,67
E	10	53	7	16x28	23	421	200	4,2	0,49	0,68
Ê	180	84	5	12x20	468	137	210	7	0,8	0,75
G	6	69	9	14x28	59	287	150	10	0,43	0,74
H	8	108	10	13x26	541	318	240	2,8	0,54	0,69
I	84	68	7	12x20	437	69	160	4,5	0,56	0,82
K	120	50	12	15x23	349	179	180	6,3	0,47	0,83
L	25	210	11	16x20	512	68	210	7,2	0,49	0,83
M	17	127	9	18x34	17	457	250	6	0,67	0,76
N	29	157	8	14x22	24	501	165	5,6	0,65	0,78
O	138	134	7	16x28	78	417	150	4,5	0,62	0,81
Ơ	210	117	10	12x20	568	137	210	10	0,46	0,68
Ô	18	98	11	12x20	437	69	160	7,5	0,56	0,64
P	225	78	8	14x28	127	68	200	10	0,68	0,79

Bảng 2.1.tbl (tiếp theo)

<i>l</i>	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12
Q	113	93	9	16x26	435	93	160	2,8	0,87	0,84
R	210	17	5	12x20	368	137	210	5	0,83	0,77
S	89	26	7	16x28	18	618	240	7,5	0,38	0,69
T	75	54	6	16x20	35	479	250	6,3	0,45	0,70
U	63	73	8	18x34	473	321	160	8,5	0,55	0,81
Ư	252	8	8	14x28	65	431	250	4,5	0,56	0,76
V	48	106	5	14x22	457	57	180	6,5	0,62	0,73
X	186	19	9	16x28	89	421	200	10	0,41	0,65
Y	12	48	10	14x28	65	431	250	4	0,66	0,77

BÀI GIẢI MẪU

Ví dụ học viên NGUYỄN VĂN BA sẽ thiết kế cung cấp điện cho xí nghiệp có 11 phân xưởng với các số liệu cụ thể như sau đây:

Bảng 2.2.tbl. Số liệu thiết kế cung cấp điện cho các phân xưởng

TT	PX	Toạ độ		T.số	Máy số									
		X	Y		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	N	29	157	P, kW	5,6	4,5	10	7,5	10	2,8	5	7,5		
				k_{sd}	0,65	0,62	0,46	0,56	0,68	0,87	0,83	0,38		
				$\cos\varphi$	0,78	0,81	0,68	0,64	0,79	0,84	0,77	0,69		
2	G	6	69	P, kW	10	2,8	4,5	6,3	7,2	6	5,6	4,5	10	
				k_{sd}	0,43	0,54	0,56	0,47	0,49	0,67	0,65	0,62	0,46	
				$\cos\varphi$	0,74	0,69	0,82	0,83	0,83	0,76	0,78	0,81	0,68	
3	U	63	73	P, kW	8,5	4,5	6,3	10	4	10	4,5	3		
				k_{sd}	0,55	0,56	0,62	0,41	0,66	0,37	0,67	0,75		
				$\cos\varphi$	0,81	0,76	0,73	0,65	0,77	0,8	0,73	0,75		
4	Y	12	48	P, kW	4	10	4,5	3	5	4,5	6	3,6	4,2	7
				k_{sd}	0,66	0,37	0,67	0,75	0,63	0,56	0,65	0,72	0,49	0,8
				$\cos\varphi$	0,77	0,8	0,73	0,75	0,76	0,8	0,82	0,67	0,68	0,75
5	Ê	180	84	P, kW	7	10	2,8	4,5	6,3					
				k_{sd}	0,8	0,43	0,54	0,56	0,47					
				$\cos\varphi$	0,75	0,74	0,69	0,82	0,83					

Bảng 2.2 .btl (tiếp theo)

6	O	138	134	P, kW	4,5	10	7,5	10	2,8	5	7,5			
				k_{sd}	0,62	0,46	0,56	0,68	0,87	0,83	0,38			
				$\cos\varphi$	0,81	0,68	0,64	0,79	0,84	0,77	0,69			
7	V	48	106	P, kW	6,3	10	4	10	4,5	3	5			
				k_{sd}	0,62	0,41	0,66	0,37	0,67	0,75	0,63			
				$\cos\varphi$	0,73	0,75	0,77	0,8	0,73	0,75	0,76			
8	Ă	110	75	P, kW	4,5	3	5	4,5	6					
				k_{sd}	0,67	0,75	0,63	0,56	0,65					
				$\cos\varphi$	0,73	0,75	0,76	0,80	0,82					
9	Ơ	210	117	P, kW	10	7,5	10	2,8	5	7,5	6,3	8,5	4,5	6,3
				k_{sd}	0,46	0,56	0,68	0,87	0,83	0,38	0,45	0,55	0,56	0,62
				$\cos\varphi$	0,68	0,64	0,79	0,84	0,77	0,69	0,70	0,81	0,76	0,73
10	B	167	87	P, kW	5	4,5	6	3,6	4,2	7				
				k_{sd}	0,63	0,56	0,65	0,72	0,49	0,80				
				$\cos\varphi$	0,76	0,80	0,82	0,67	0,68	0,75				
11	A	200	24	P, kW	10	4,5	3	5	4,5	6				
				k_{sd}	0,37	0,67	0,75	0,63	0,56	0,65				
				$\cos\varphi$	0,80	0,73	0,75	0,76	0,80	0,82				

1. TÍNH TOÁN PHỤ TẢI

1.1. Phụ tải của các phân xưởng

Phân xưởng N

1.1.1. Phụ tải động lực:

Xác định hệ số sử dụng tổng hợp của phân xưởng xác định theo biểu thức

$$k_{sd\Sigma} = \frac{\sum P_i k_{sdi}}{\sum P_i} =$$

$$= \frac{5,6 \cdot 0,65 + 4,5 \cdot 0,62 + 10 \cdot 0,46 + 7,5 \cdot 0,56 + 10 \cdot 0,68 + 2,8 \cdot 0,87 + 5 \cdot 0,83 + 7,5 \cdot 0,38}{5,6 + 4,5 + 10 + 7,5 + 10 + 2,8 + 5 + 7,5} = 0,60$$

Do số lượng thiết bị $n = 8 > 4$ nên ta xác định số lượng hiệu dụng theo các điều kiện:

Tỷ lệ giữa thiết bị lớn nhất và thiết bị nhỏ nhất

$$k = \frac{P_{\max}}{P_{\min}} = \frac{10}{2,8} = 3,57$$

Tỷ lệ này tra trong bảng 2.pl.BT ứng với $k_{sd\Sigma} = 0,6$ là $k_b = 6,5$, tức là $k < k_b$, vậy số lượng hiệu dụng đúng bằng số lượng thiết bị thực tế $n_{hd} = n = 8$.

Xác định hệ số nhu cầu theo biểu thức

$$k_{nc} = k_{sd\Sigma} + \frac{1 - k_{sd\Sigma}}{\sqrt{n_{hd}}} = 0,6 + \frac{1 - 0,6}{\sqrt{8}} = 0,74$$

Công suất tính toán của phân xưởng

$$P_N = k_{nc} \Sigma P_i = 0,74 \cdot 52,9 = 39,05 \text{ kW}$$

Xác định hệ số công suất trung bình của phân xưởng

$$\begin{aligned} \cos\varphi_{\Sigma} &= \frac{\sum P_i \cos\varphi_i}{\sum P_i} = \\ &= \frac{5,6 \cdot 0,78 + 4,5 \cdot 0,81 + 10 \cdot 0,68 + 7,5 \cdot 0,64 + 10 \cdot 0,79 + 2,8 \cdot 0,84 + 5 \cdot 0,77 + 7,5 \cdot 0,69}{5,6 + 4,5 + 10 + 7,5 + 10 + 2,8 + 5 + 7,5} = \\ &= 0,735 \end{aligned}$$

1.1.2. Phụ tải chiếu sáng

Công suất chiếu sáng của phân xưởng được xác định theo suất tiêu thụ công suất P_0

$$P_{cs} = P_0 \cdot a \cdot b = 12 \cdot 14 \cdot 22 \cdot 10^{-3} = 3,7 \text{ kW}$$

1.1.3. Xác định phụ tải tính toán của toàn bộ phân xưởng N

Tổng công suất tác dụng của phân xưởng xác định

$$P_{\Sigma N} = P_N + k_i P_{cs} = 39,05 + \left[\left(\frac{3,7}{5} \right)^{0,04} - 0,41 \right] \cdot 3,7 = 41,19 \text{ kW}$$

Hệ số công suất tổng hợp của toàn phân xưởng

$$\cos\varphi_N = \frac{39,05 \cdot 0,735 + 3,7 \cdot 1}{39,05 + 3,7} = 0,76 \Rightarrow \text{tg}\varphi_N = 0,86$$

Công suất biểu kiến

$$S = \frac{P_{\Sigma N}}{\cos\varphi_N} = \frac{41,19}{0,76} = 54,2 \text{ kVA}$$

Xác định công suất phản kháng

$$Q_N = P_N \text{tg}\varphi = 41,19 \cdot 0,86 = 34,95 \text{ kVAr}$$

Vậy $S = 41,19 + j 34,95 \text{ kVA}$

Bán kính tỷ lệ của biểu đồ phụ tải

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi \cdot m}}, \text{ chọn } m = 5 \text{ ta có } r = \sqrt{\frac{54,2}{3,14 \cdot 5}} = 1,85$$

Tính toán tương tự cho các phân xưởng khác, kết quả ghi trong bảng 2.3.btl.

Trên cơ sở kết quả tính toán ta xây dựng biểu đồ phụ tải trên hình 2.1.btl.

1.2. Xác định phụ tải tính toán của toàn xí nghiệp

Hệ số sử dụng tổng hợp của xí nghiệp xác định tương tự theo biểu thức

$$k_{sd\Sigma XN} = \frac{\sum S_i k_{sd\Sigma i}}{\sum S_i} = \frac{283,13}{491,89} = 0,576$$

Hệ số nhu cầu của xí nghiệp

$$k_{ncXN} = 0,576 + \frac{1 - 0,576}{\sqrt{11}} = 0,704$$

Hệ số công suất trung bình của toàn xí nghiệp

$$\cos\varphi_{XN} = \frac{\sum S_i \cos\varphi_i}{\sum S_i} = \frac{384,46}{491,89} = 0,78 \Rightarrow \sin\varphi = 0,63$$

Tổng công suất tính toán của xí nghiệp

$$S_{XN} = k_{ncXN} \cdot \sum S_i = 0,704 \cdot 491,89 = 346,29 \text{ kVA}$$

$$P_{XN} = S_{XN} \cdot \cos\varphi_{XN} = 346,29 \cdot 0,78 = 270,1 \text{ kW}$$

$$Q_{XN} = S_{XN} \sin\varphi_{XN} = 346,29 \cdot 0,63 = 218,16 \text{ kVAr}$$

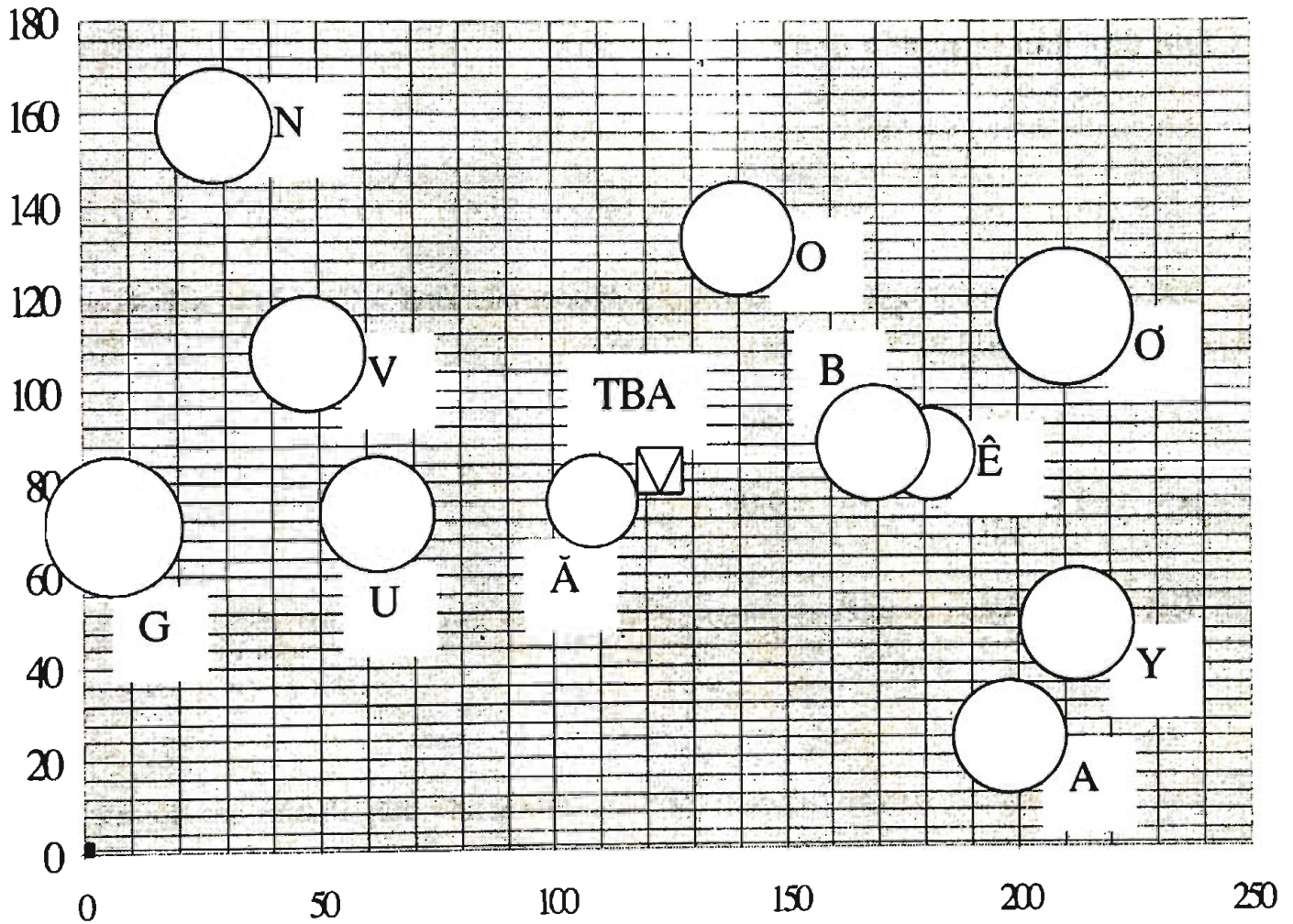
Tức là $S_{XN} = 270,1 + j 218,16 \text{ kVA}$.

Bảng 2.3.btl. Kết quả tính toán phụ tải của các phân xưởng

n	$k_{sd\Sigma}$	M	k_{nc}	$\sum P_i$	P_{dl} kW	$\cos\varphi$	Q, kVAr	P_{cs}	P_{Σ} kW	S, kVA	r
N	0,60	8	0,74	52,90	39,05	0,76	34,95	3,70	41,19	54,2	1,85
G	0,53	9	0,68	56,90	38,88	0,79	31,80	4,70	41,65	52,40	1,83
U	0,53	8	0,69	50,80	35,30	0,79	30,53	7,34	39,75	50,12	1,79
Y	0,61	10	0,73	51,80	37,88	0,79	31,91	4,70	40,64	51,67	1,81
Ê	0,55	5	0,75	30,60	23,02	0,80	18,78	2,88	24,66	31,00	1,41
O	0,59	7	0,74	47,30	35,18	0,77	32,22	5,38	38,37	50,10	1,79

Bảng 2.3. btl (tiếp theo)

V	0,53	7	0,71	42,80	30,34	0,77	27,06	3,70	32,48	42,28	1,64
Ã	0,65	5	0,80	23,00	18,49	0,83	14,60	5,76	21,92	26,34	1,30
Ơ	0,57	10	0,71	68,40	48,29	0,75	44,68	2,88	49,93	67,00	2,07
B	0,65	6	0,79	30,30	24,10	0,79	20,80	4,32	26,62	33,78	1,47
A	0,56	6	0,74	33,00	24,45	0,81	19,31	4,32	26,97	33,17	1,45
									Σ	491,89	



Hình 2.1.btl. Biểu đồ phụ tải của toàn xí nghiệp.

2. XÁC ĐỊNH SƠ ĐỒ NỐI ĐIỆN

2.1. Vị trí đặt trạm biến áp

Toạ độ của trạm biến áp xác định theo biểu thức

$$X = \frac{\sum S_i x_i}{\sum S_i} \quad \text{và} \quad Y = \frac{\sum S_i y_i}{\sum S_i}$$

Thay số vào ta được

$$X_{BA} = \frac{54,2.29 + 52,4.6 + 50,12.63 + 51,67.212 + 31.180 + 50,1.138}{491,89} + \frac{42,28.48 + 26,34.110 + 67.210 + 33,78.167 + 33,17.200}{491,89} = 121,41 \text{ m}$$

Tính tương tự ta xác định được $Y_{BA} = 91,81 \text{ m}$.

Vậy tọa độ của trạm biến áp là $O(121,41; 91,81)$.

2.2. Chọn dây dẫn từ nguồn đến trạm biến áp

Chiều dài đường dây được xác định theo biểu thức

$$L = \sqrt{(x_{ng} - X_{BA})^2 + (y_{ng} - Y_{BA})^2} = \sqrt{(457 - 121,41)^2 + (57 - 91,81)^2} = 337,39 \text{ m}$$

Tiết diện dây dẫn cao áp có thể chọn theo mật độ dòng điện kinh tế. Căn cứ vào số liệu ban đầu ứng với dây nhôm theo bảng 8.pl.BT ta tìm được $j_{kt} = 1,2 \text{ A/mm}^2$.

Dòng điện chạy trên dây dẫn được xác định

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{346,29}{\sqrt{3}.22} = 9,09 \text{ A}$$

Tiết diện dây dẫn cần thiết

$$F = \frac{I}{j_{kt}} = \frac{9,09}{1,2} = 7,57 \text{ mm}^2$$

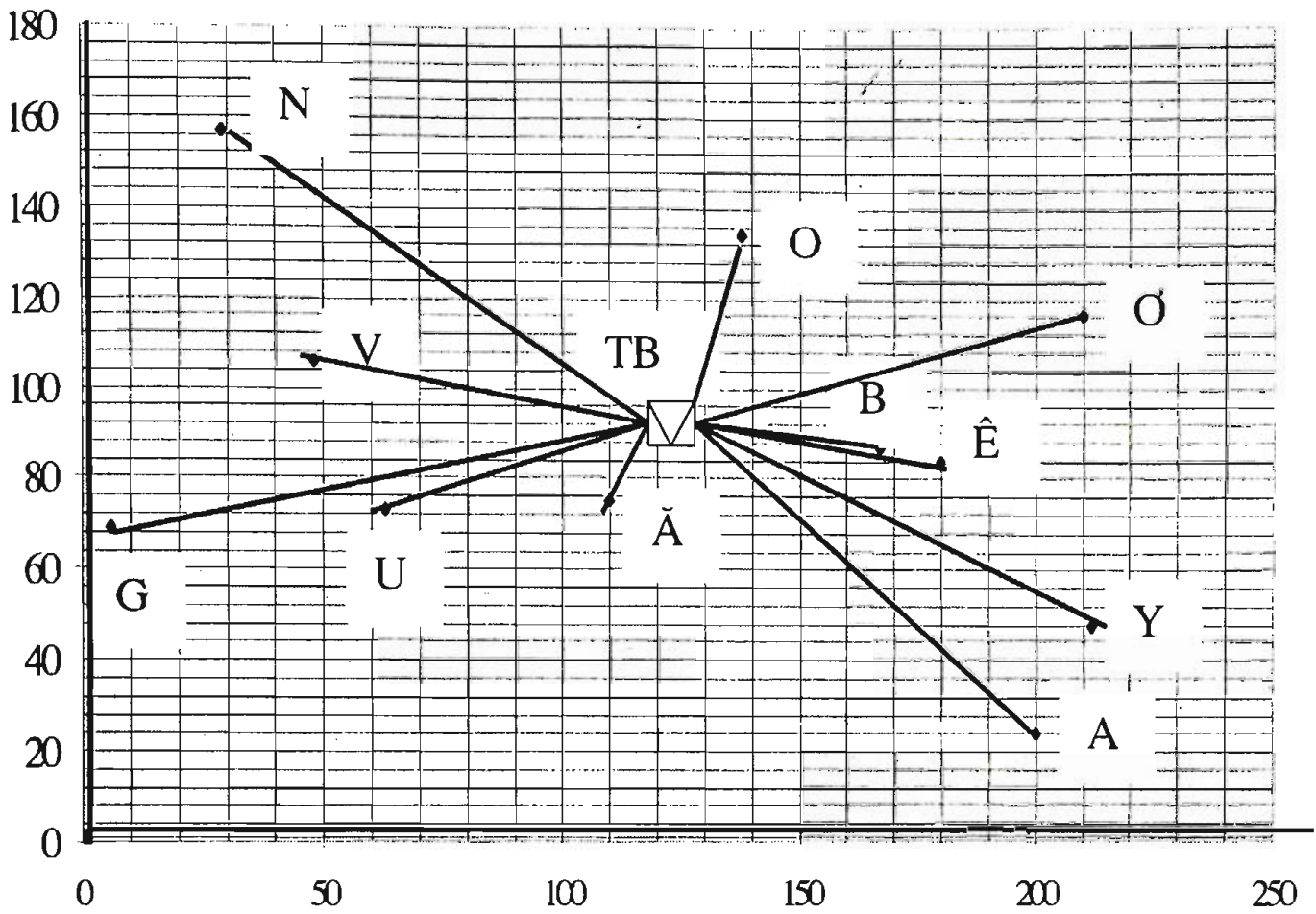
Đối với đường dây cao áp tiết diện tối thiểu không nhỏ hơn 35 mm^2 do đó ta chọn dây dẫn AC-35 nối từ nguồn vào trạm biến áp.

2.3. Sơ đồ nối dây từ trạm biến áp đến các phân xưởng

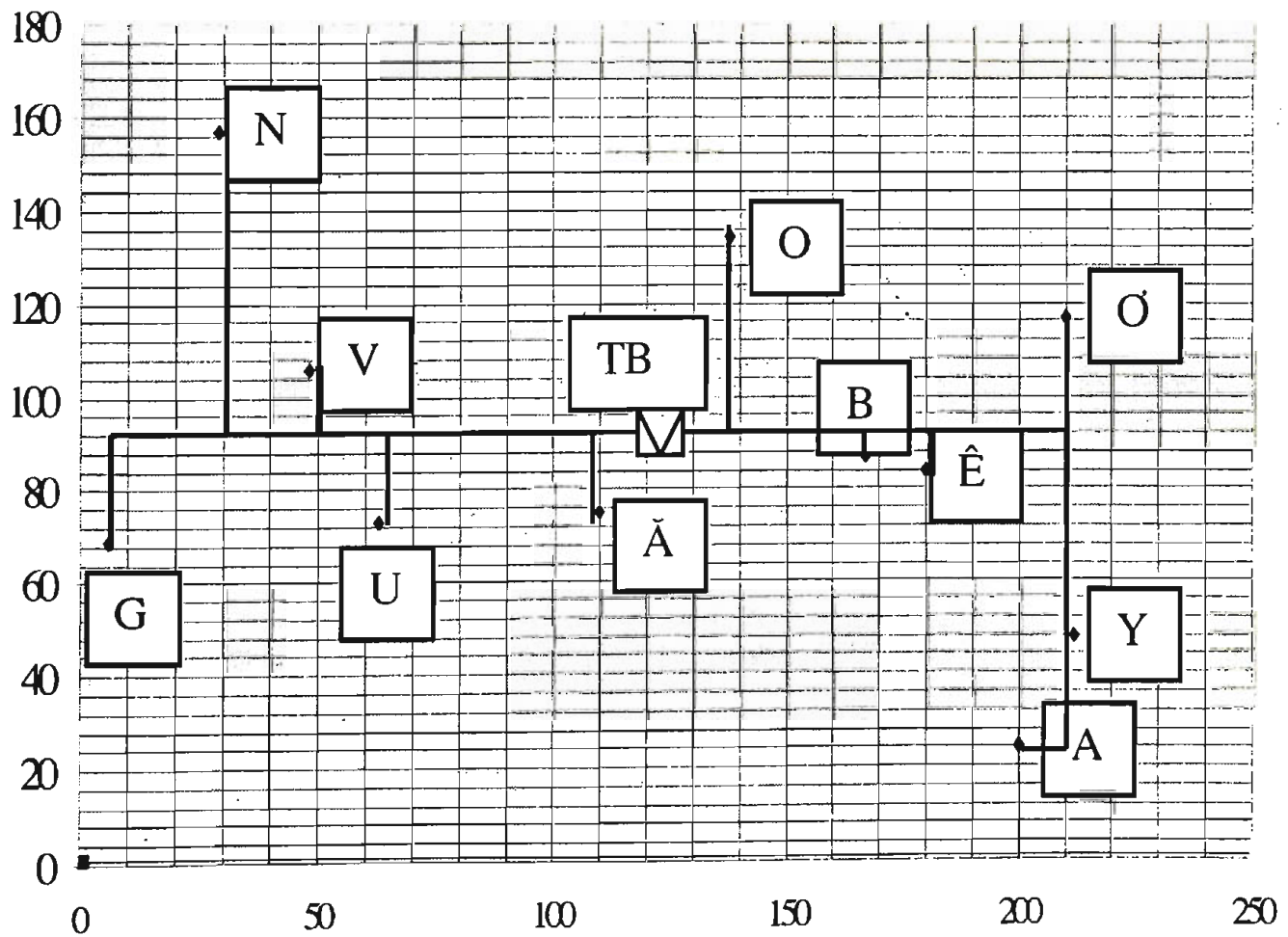
2.3.1. Sơ bộ vạch các tuyến dây

Để đảm bảo độ an toàn và mỹ quan trong xí nghiệp các tuyến dây sẽ được xây dựng bằng đường cáp. Có thể so sánh ba phương án nối dây như sau:

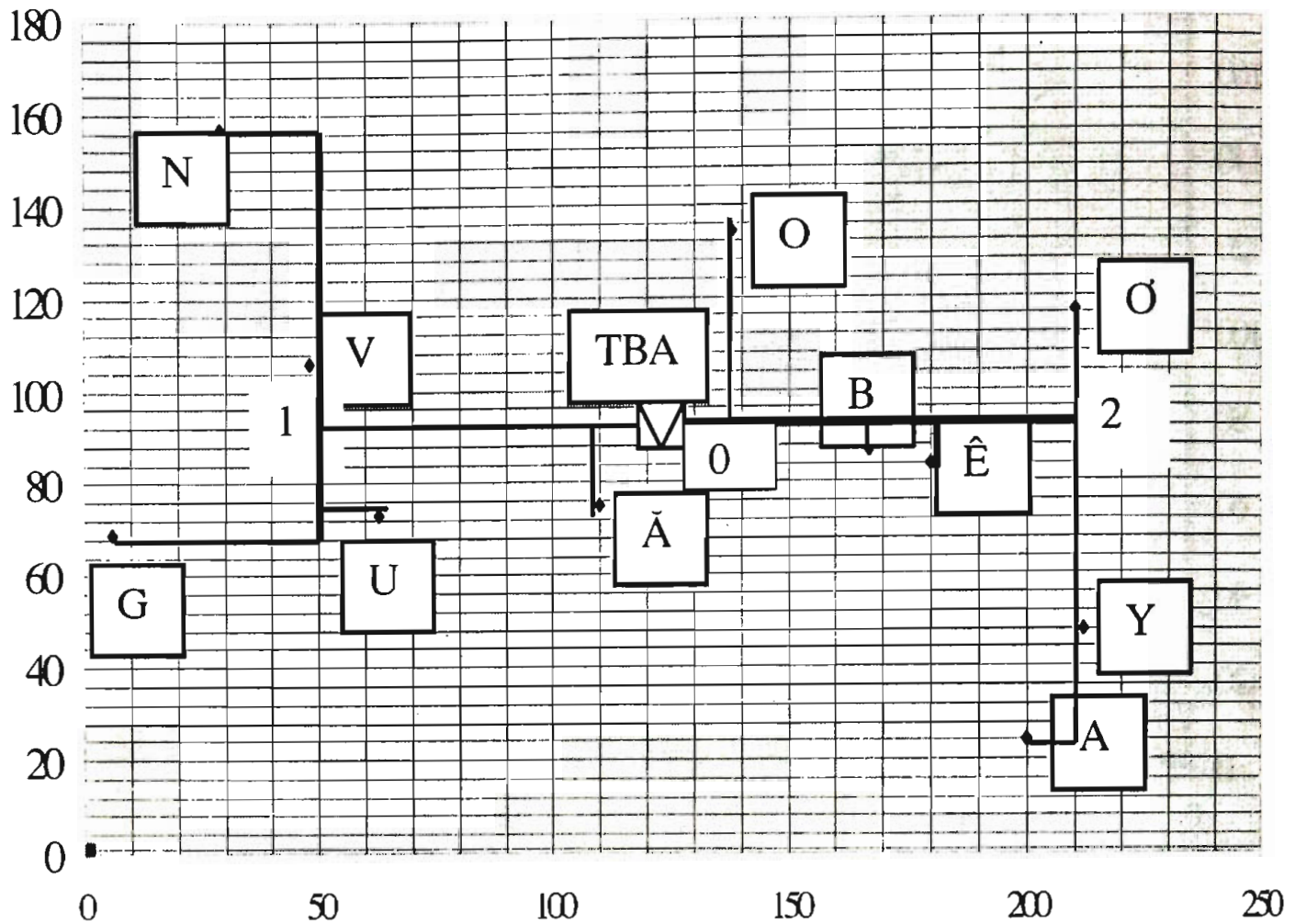
Phương án 1 (hình 2.2.btl): Từ trạm biến áp kéo dây trực tiếp đến các phân xưởng theo đường thẳng, các tủ phân phối sẽ được đặt ngay tại đầu các nhà xưởng để cung cấp điện cho các thiết bị trong xưởng. Phương án này có tổng chiều dài hình học nhỏ nhất, nhưng không thuận tiện cho việc thi công, vận hành và phát triển mạng điện, nên không có tính khả thi, vì vậy ta loại bỏ ngay phương án này.



Hình 2.2. btl.. Sơ đồ nối điện phương án 1.



Hình 2.3. btl.. Sơ đồ nối điện phương án 2.



Hình 2.4. btl. Sơ đồ nối điện phương án 3.

Phương án 2 (hình 2.3.btl) Cũng kéo dây trực tiếp từ trạm biến áp đến các phân xưởng, nhưng theo đường bẻ góc, các đường cáp sẽ được xây dựng dọc theo các mép đường và nhà xưởng, như vậy sẽ thuận tiện cho việc xây dựng, vận hành và phát triển mạng điện, tuy nhiên chiều dài của các tuyến dây sẽ tăng hơn so với phương án 1.

Phương án 3 (hình 2.4.btl): Từ trạm biến áp ta xây dựng các đường trục chính, các phân xưởng ở gần các đường trục sẽ được cung cấp điện từ đường trục này qua các tủ phân phối trung gian. Tuy nhiên do các khoảng cách không lớn và việc đặt các tủ phân phối trung gian cũng đòi hỏi chi phí nhất định, nên trong phương án này ta chỉ cần đặt 2 tủ phân phối tại điểm 1 và điểm 2. Tủ phân phối 1 cung cấp cho 4 phân xưởng: N, G, V và U, còn tủ số 2 cung cấp cho 3 phân xưởng: Ô, Y, và A, các phân xưởng còn lại được lấy điện trực tiếp từ trạm biến áp nhưng tuyến đi dây vẫn bẻ góc dọc theo đường trục.

Phương án này sẽ giảm được số lượng tuyến dây và tổng chiều dài dây dẫn, nhưng tiết diện dây dẫn của các đường trục chính sẽ lớn hơn. Như vậy chúng ta chỉ tính toán so sánh 2 phương án 2 và 3.

2.3.2. Sơ bộ xác định tiết diện dây dẫn:

Khi lựa chọn phương án có thể chọn tiết diện dây dẫn theo phương pháp đơn giản nhất theo dòng điện đốt nóng cho phép, nhưng sau khi đã xác định được phương án tối ưu thì tiết diện dây dẫn phải được kiểm tra lại theo hao tổn điện áp cho phép, vì đối với mạng điện hạ áp, chất lượng điện phải được đặt lên hàng đầu. Ta tiến hành chọn tiết diện dây dẫn theo phương pháp hao tổn điện áp cho phép, lấy giá trị hao tổn điện áp cho phép là $\Delta U_{cp} = 5\%$ (đối với cấp điện áp 380V, $\Delta U_{cp} = 19V$). Dự định sẽ đặt cáp trong các rãnh, xây dựng ngầm dưới đất, do vậy có thể sơ bộ chọn giá trị điện trở kháng $x_0 = 0,07 \Omega/km$.

* Phương án 2:

Sơ đồ nối dây của mạng điện được thể hiện trên hình 2.3.btl. Chiều dài đường dây từ trạm biến áp đến các phân xưởng theo đường bê góc được xác định theo biểu thức

$$L_{0-N} = \sqrt{(X_{BA} - x_i)^2} + \sqrt{(Y_{BA} - y_i)^2} = \sqrt{(121,41 - 29)^2} + \sqrt{(91,81 - 157)^2} = 157,6 \text{ m}$$

Bảng 2.4.btl. Kết quả tính tiết diện dây dẫn theo phương án 2 (đường đi bê góc)

n	Q, kVAr	P_{Σ} , kW	l_{0i} , m	ΔU_x , V	ΔU_R , V	F, mm ²	F_{ch} , mm ²	r_0 , Ω/km	x_0 , Ω/km	ΔU , V
ON	34,95	41,19	157,60	1,01	17,99	29,68	35	0,95	0,06	17,10
OG	31,80	41,65	138,22	0,81	18,19	26,03	35	0,95	0,06	15,09
OU	30,53	39,75	77,22	0,43	18,57	13,60	16	2,08	0,07	17,24
OY	31,91	40,64	134,40	0,79	18,21	24,67	25	1,33	0,07	19,91
OÊ	18,78	24,66	66,40	0,23	18,77	7,17	10	3,33	0,07	14,58
OO	32,22	38,37	58,78	0,35	18,65	9,94	10	3,33	0,07	20,11
OV	27,06	32,48	87,60	0,44	18,56	12,60	16	2,08	0,07	16,01
OÃ	14,60	21,92	28,22	0,08	18,92	2,69	6	5,55	0,09	9,13
OƠ	44,68	49,93	113,78	0,94	18,06	25,86	35	0,95	0,06	15,01
OB	20,80	26,62	50,40	0,19	18,81	5,87	6	5,55	0,09	19,84
OA	19,31	26,97	146,40	0,52	18,48	17,57	16	1,33	0,07	14,34

Thành phần phản kháng của hao tổn điện áp xác định theo biểu thức

$$\Delta U_x = \frac{Q \cdot x_0 \cdot I_{0N}}{U} = \frac{34,95 \cdot 0,07 \cdot 157,6 \cdot 10^{-3}}{0,38} = 1,01 \text{ V}$$

Thành phần tác dụng của hao tổn điện áp

$$\Delta U_{KN} = \Delta U_{cp} - \Delta U_{xN} = 19 - 1,01 = 17,99 \text{ V}$$

Tiết diện dây dẫn xác định theo biểu thức

$$F = \frac{P \cdot l}{\gamma \cdot U \cdot \Delta U_R} = \frac{41,19 \cdot 157,6}{32 \cdot 0,38 \cdot 17,99} = 29,68 \text{ mm}^2;$$

Ta chọn cáp loại ABBG có tiết diện chuẩn là $F_{ch} = 35 \text{ mm}^2$ có $r_0 = 0,95$ và $x_0 = 0,06 \Omega/\text{km}$;

Hao tổn điện áp thực tế

$$\Delta U = \frac{P \cdot r_0 + Q \cdot x_0}{U} \cdot l = \frac{41,19 \cdot 0,95 + 34,95 \cdot 0,06}{0,38} \cdot 157,6 \cdot 10^{-3} = 17,1 < 19 \text{ V}$$

Tính toán tương tự cho các đoạn khác, kết quả ghi trong bảng 2.4.btl.

*** Phương án 3:**

Chiều dài các đoạn dây được xác định theo sơ đồ hình 2.4.btl như đã nói ở phần trên.

Dòng công suất chạy trên đoạn 01 được xác định bằng tổng công suất của 4 phân xưởng N, V, G và U:

$$P_{01} = 41,19 + 41,65 + 39,73 + 32,48 = 155,07 \text{ kW};$$

$$Q_{01} = 34,95 + 27,06 + 30,53 + 31,80 = 124,34 \text{ kVAr}.$$

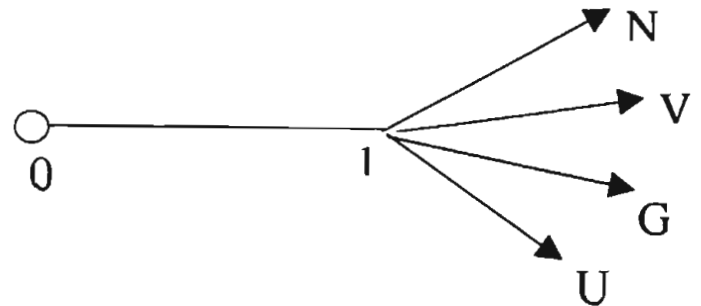
Xác định tiết diện dây dẫn của đường trục (01): Hao tổn điện áp cho phép từ trạm biến áp đến các điểm tải xa nhất vẫn là 19 V; Thành phần phản kháng của hao tổn điện áp từ trạm biến áp đến phân xưởng N

$$\Delta U_x = \frac{Q_{01} l_{01} + Q_{1N} l_{1N}}{U} x_0 = \frac{124,34 \cdot 73,41 + 34,95 \cdot 84,19}{0,38} \cdot 0,07 \cdot 10^{-3} = 2,22 \text{ V};$$

$$\Delta U_R = 19 - 2,22 = 16,78 \text{ V};$$

Thành phần tác dụng của hao tổn điện áp cho phép trên đoạn 01 xác định theo biểu thức

$$\Delta U_{n01} = \frac{\Delta U_R}{1 + \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^n M_i L_i}{M_0 L_0}}} =$$



$$= \frac{16,78}{1 + \sqrt{\frac{(41,19 \cdot 84,19)^2 + (32,48 \cdot 14,19)^2 + (39,75 \cdot 33,81)^2 + (41,65 \cdot 64,81)^2}{155,07 \cdot 73,41^2}}} = 9,38 \text{ V}$$

Tiết diện dây dẫn đoạn 01 được xác định theo biểu thức

$$F_{01} = \frac{P_{01} \cdot I_{01}}{\gamma \cdot U \cdot \Delta U_{R01}} = \frac{155,07 \cdot 73,41}{32,0 \cdot 38,9,38} = 99,8 \text{ mm}^2, \text{ ta chọn dây cáp } F_c = 120 \text{ mm}^2 \text{ có } r_0 = 0,28$$

và $x_0 = 0,06 \text{ } \Omega/\text{km}$;

Hao tổn điện áp tác dụng thực tế trên đoạn 01

$$\Delta U_{R01} = \frac{P_{01} \cdot r_0}{U} \cdot I_{01} = \frac{155,07 \cdot 0,28}{0,38} \cdot 73,41 \cdot 10^{-3} = 8,39 \text{ V}$$

Thành phần tác dụng của hao tổn điện áp cho phép từ tủ phân phối 1 đến các phân xưởng N, G, V và U là như nhau và bằng:

$$\Delta U_{Rpx} = \Delta U_R - \Delta U_{R01} = 16,78 - 8,39 = 8,39 \text{ V}$$

Tiết diện dây dẫn đoạn 1N

$$F_{1N} = \frac{P_{1N} \cdot I_{1N}}{\gamma \cdot U \cdot \Delta U_{Rpx}} = \frac{41,19 \cdot 84,19}{32,0 \cdot 38,8,39} = 33,99 \text{ mm}^2.; \text{ ta chọn } F_c = 35 \text{ mm}^2.$$

Tính toán tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng 2.5. btl.

Bảng 2.5. btl. Kết quả tính tiết diện dây dẫn theo phương án 3 (theo đường trực)

n	Q, kVAr	P_{Σ} kW	I_{0i} , m	ΔU_X , V	ΔU_R , V	F, mm ²	F_{ch} , mm ²	r_0 , Ω/km	x_0 , Ω/km	ΔU , V
01	124,34	155,07	73,41	1,80	9,38	99,80	120,0	0,28	0,06	9,83
02	95,90	117,54	88,59	1,57	13,43	63,76	70,00	0,48	0,06	14,49
1N	34,95	41,19	84,19	0,55	8,39	33,99	35,00	0,95	0,07	9,21
1V	27,06	32,48	14,19	0,07	8,39	4,52	6,00	5,55	0,09	6,82
1U	30,53	39,75	33,81	0,21	8,39	13,17	16,00	5,55	0,09	19,87
1G	31,80	41,65	64,81	0,43	8,39	26,46	25,00	1,33	0,07	9,83
0Ã	14,60	21,92	27,82	0,10	18,90	2,65	6,00	5,55	0,09	9,00
0O	32,22	38,37	58,78	0,36	18,64	9,95	10,00	3,33	0,07	20,11
0B	20,80	26,62	50,40	0,21	18,79	5,87	6,00	5,55	0,09	19,84
2Ê	18,78	24,66	37,81	0,15	13,00	5,90	6,00	5,55	0,09	13,79
2O	44,68	49,93	25,19	0,20	4,28	24,17	25,00	1,33	0,07	4,61
2Y	31,91	40,64	45,81	0,29	4,28	35,77	35,00	0,95	0,06	4,89
2A	19,31	26,97	77,81	0,33	4,28	40,32	50,00	0,67	0,06	3,94

2.3.3. So sánh kinh tế các phương án

Như đã phân tích, phương án 1 không có tính khả thi đối với một xí nghiệp công nghiệp nên chúng ta chỉ tiến hành tính toán so sánh các chỉ tiêu kinh tế của phương án 2 và phương án

3. Các phương án được so sánh theo chỉ tiêu chi phí quy đổi

$$Z = pV + C = pV + \Delta A \cdot c_{\Delta}$$

Coi thời gian thu hồi vốn đầu tư tiêu chuẩn là 8 năm, hệ số khấu hao đường cáp là 6%, tức $k_{kh} = 0,06$ khi đó $p = 1/8 + 0,06 = 0,185$; giá thành tổn thất $c_{\Delta} = 1000$ đồng/kWh.

Tổn thất điện năng trên đoạn dây được xác định theo biểu thức

$$\Delta A = \Delta P \cdot \tau = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} r_0 \cdot l \cdot \tau$$

Thời gian hao tổn cực đại τ có thể xác định theo biểu thức

$$\tau = (0,124 + T_M \cdot 10^4)^2 \cdot 8760 = (0,124 + 5100 \cdot 10^4)^2 \cdot 8760 = 3521 \text{ h}$$

PA 2: Tính cho đoạn ON

$$\Delta A_{ON} = \frac{41,19^2 + 34,95^2}{0,38^2} \cdot 0,95 \cdot 157,6 \cdot 10^{-6} \cdot 3521 = 10653,24 \text{ kWh}$$

$$C_{ON} = \Delta A_{ON} \cdot c_{\Delta} = 10653,24 \cdot 1000 = 10,65 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

Vốn đầu tư của đường cáp, suất vốn đầu tư v_0 tra theo bảng 7.pl.phụ lục [1].

$$V_{ON} = v_0 \cdot l = 81,34 \cdot 157,6 \cdot 10^3 = 12,82 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

Chi phí quy đổi

$$Z_{ON} = (0,185 \cdot 12,82 + 10,65) \cdot 10^6 = 13,02 \cdot 10^6 \text{ đ/năm}$$

Tính toán tương tự, kết quả ghi trong bảng 2.6.btl và bảng 2.7.btl. Kết quả tổng hợp của 2 phương án được biểu thị trong bảng 2.8.btl.

Bảng 2.6.btl. Kết quả tính toán kinh tế phương án 2

n	Q, kVA _r	P _Σ , kW	l _{0i} , m	F _{ch}	v _{0i} , 10 ⁶ đ	ΔQ, kVA _r	ΔP, kW	ΔA, kWh	V, 10 ⁶ đ	pV, 10 ⁶ đ	C, 10 ⁶ đ	Z, 10 ⁶ đ
ON	34,95	41,19	157,60	35	81,34	0,191	3,03	10653,24	12,82	2,37	10,65	13,02
OG	31,80	41,65	138,22	35	81,34	0,063	2,50	8792,01	11,24	2,08	8,79	10,87
OU	30,53	39,75	77,22	16	62,34	0,031	2,79	9838,67	4,81	0,89	9,84	10,73
OY	31,91	40,64	134,40	25	70,24	0,058	3,31	11636,91	9,44	1,75	11,64	13,38
OÊ	18,78	24,66	66,40	10	53,44	0,011	1,47	5180,19	3,55	0,66	5,18	5,84
OO	32,22	38,37	58,78	10	53,44	0,022	3,40	11981,55	3,14	0,58	11,98	12,56
OV	27,06	32,48	87,60	16	62,34	0,024	2,26	7940,32	5,46	1,01	7,94	8,95
OÁ	14,60	21,92	28,22	6	40,46	0,004	0,75	2649,03	1,14	0,21	2,65	2,86

Bảng 2.6.btl (tiếp theo)

00	44,68	49,93	113,78	35	81,34	0,074	3,36	11832,26	9,27	1,71	11,83	13,54
0B	20,80	26,62	50,40	6	40,46	0,012	2,21	7784,10	2,04	0,38	7,78	8,16
0A	19,31	26,97	146,40	25	70,24	0,028	1,48	5223,79	10,28	1,90	5,22	7,13
						0,387	26,6	93512,07	73,19	13,54	93,50	107,04

Bảng 2.7. btl. Kết quả tính toán kinh tế phương án 3

n	Q, kVAr	P _Σ , kW	l _{0i} , m	F _{ch}	v _{0i} , 10 ⁶ d	ΔQ, kVAr	ΔP, kW	ΔA, kWh	V, 10 ⁶ d	pV, 10 ⁶ d	C, 10 ⁶ d	Z, 10 ⁶ d
01	124,34	155,07	73,41	120	131,76	1,21	5,62	19801,03	9,67	1,79	19,80	21,59
02	95,90	117,54	88,59	70	93,16	0,85	6,78	23860,96	8,25	1,53	23,86	25,39
1N	34,95	41,19	84,19	35	81,34	0,12	1,62	5690,96	6,85	1,27	5,69	6,96
1V	27,06	32,48	14,19	6	40,46	0,02	0,97	3431,99	0,57	0,11	3,43	3,54
1U	30,53	39,75	33,81	16	62,34	0,05	3,26	11494,27	2,11	0,39	11,49	11,88
1G	31,80	41,65	64,81	25	70,14	0,09	1,64	5771,48	4,55	0,84	5,77	6,61
0A	14,60	21,92	27,82	6	40,46	0,01	0,74	2611,48	1,13	0,21	2,61	2,82
00	32,22	38,37	58,78	10	53,44	0,07	3,40	11981,55	3,14	0,58	11,98	12,56
0B	20,80	26,62	50,4	6	40,46	0,04	2,21	7784,10	2,04	0,38	7,78	8,16
2Ê	44,68	49,93	25,19	6	40,46	0,07	4,35	15303,80	1,02	0,19	15,30	15,49
2O	18,78	24,66	37,81	25	70,14	0,02	0,33	1178,13	2,65	0,49	1,18	1,67
2Y	31,91	40,64	45,81	35	81,34	0,05	0,80	2833,16	3,73	0,69	2,83	3,52
2A	19,31	26,97	77,81	50	89,60	0,04	0,40	1398,63	6,97	1,29	1,40	2,69
					Σ	2,62	32,13	113141,5	52,68	9,75	113,14	122,89

Bảng 2.8. btl. Các chỉ tiêu kinh tế cơ bản của các phương án so sánh

Phương án	Vốn đầu tư 10 ⁶ VNĐ	Chi phí hàng năm 10 ⁶ VNĐ/năm		
	V	pV	C	Z
2	73,19	13,54	93,50	107,04
3	52,68	9,75	113,14	122,89

Từ số liệu tính toán trên bảng 2.8.btl ta thấy mặc dù phương án 2 có số vốn đầu tư lớn hơn phương án 3 nhưng tổn thất diện năng lại nhỏ hơn nhiều, vì vậy tổng chi phí quy đổi nhỏ hơn ở phương án 3, do đó **phương án 2** chính là phương án tối ưu mà ta cần lựa chọn.

2.4. Chọn công suất và số lượng máy biến áp:

Từ kết quả tính toán hao tổn công suất $\Delta S = \Delta P + \Delta Q$ (bảng 2.6.btl.) ta có tổng công suất tính toán có kể đến hao tổn công suất trên đường dây

$$S_{\Sigma} = S_{XN} + \Delta S = 270,1 + 26,6 + j(218,46 + 0,38) = 296,7 + j218,84 \text{ kVA}$$

Hay $S_{\Sigma} = 368,68 \text{ kVA}$, công suất trung bình

$$S_{tb} = \frac{S_{\Sigma} T_M}{8760} = \frac{368,68 \cdot 5100}{8760} = 211,64 \text{ kVA}$$

Hệ số điền kín đồ thị phụ tải:

$$k_{dk} = \frac{S_{tb}}{S_M} = \frac{211,64}{368,68} = 0,58 < 0,75$$

Như vậy máy biến áp có thể làm việc quá tải 40% trong một thời gian xác định. Ta có thể xây dựng trạm biến áp theo 3 phương án:

Phương án 1: Dùng 1 máy biến áp 22/0,4 kV có công suất định mức là 315 kVA. Theo phương án này hệ số quá tải của máy biến áp là

$$k_{qt1} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{nBA}} = \frac{368,68}{315} = 1,17 < 1,4$$

Phương án 2: Dùng 1 máy biến áp 22/0,4 kV có công suất 400 kVA.

Phương án 3: Dùng 2 máy biến áp có công suất 2 x 180 kVA.

Kiểm tra khả năng làm việc quá tải của máy biến áp ở chế độ sự cố: Khi có sự cố một trong 2 máy biến áp thì máy biến áp còn lại sẽ gánh toàn bộ phụ tải loại I và loại II bằng $S_{sc} = 0,75 \cdot 368,68 = 276,51 \text{ kVA}$.

Hệ số quá tải khi một máy biến áp ở phương án 3 bị sự cố là

$$k_{qt} = \frac{S_{sc}}{S_{nBA2}} = \frac{276,51}{180} = 1,54 > 1,4$$

Như vậy máy biến áp không thể đảm làm việc quá tải khi xảy ra sự cố, bởi vậy để đảm bảo an toàn cho máy khi có sự cố một trong 2 máy, ngoài 25% phụ tải loại III, cần phải cắt thêm 15% phụ tải loại II, khi đó phụ tải ở chế độ sự cố sẽ là:

$S_{sc} = 0,6 \cdot 368,68 = 221,2$. Hệ số quá tải của máy biến áp lúc này là

$$k_{qt} = \frac{221,2}{180} = 1,23 < 1,4, \text{ vậy đảm bảo yêu cầu.}$$

Căn cứ vào bảng 10.pl. và bảng 12 pl [1] ta có số liệu của các máy biến áp do hãng ABB chế tạo như bảng 2.9.btl sau

Bảng 2.9.btl. Các tham số của máy biến áp 22/0,4 kV

Công suất định mức, kVA	Hao tổn công suất, kW		Điện áp nm	Vốn đầu tư
	ΔP_o	ΔP_k	U_k	$V_{BA}, 10^6 \text{ VNĐ}$
315	0,72	4,85	4	94,6
400	0,84	5,75	4	112,7
2x180	0,53	3,15	4	152,7

So sánh 2 phương án theo chỉ tiêu chi phí quy đổi

$$Z = pV + C + Y_{th}$$

Giá trị C xác định tương tự như ở phần trên: $C = \Delta A \cdot c_{\Delta}$

Khi so sánh thiệt hại do mất điện ta chỉ cần xét đến phụ tải loại I và loại II mà thôi, vì có thể coi phụ tải loại III ở các phương án là như nhau.

Phương án I:

Tổn thất trong máy biến áp xác định theo biểu thức:

$$\Delta A_{BAI} = (\Delta P_{oI} \cdot 8760 + \Delta P_{kI} \cdot \frac{S^2}{S_{nBAI}^2} \cdot \tau) = (0,72 \cdot 8760 + 4,85 \cdot \frac{368,68^2}{315^2} \cdot 3521) = 29700,83 \text{ kWh}$$

Chi phí tổn thất

$$C_1 = \Delta A \cdot c_{\Delta} = 29700,83 \cdot 1000 = 29,7 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

Công suất thiếu hụt khi mất điện bằng công suất loại I và loại II là

$$P_{th} = m_{I+II} \cdot P_{XN} = 0,75 \cdot 270,1 = 202,58 \text{ kW}$$

Điện năng thiếu hụt:

$$A_{th} = P_{th} \cdot t_f = 202,58 \cdot 24 = 4861,8 \text{ kWh}$$

Thiệt hại do mất điện

$$Y_1 = A_{th} \cdot g_{th} = 4861,8 \cdot 2,500 \cdot 10^3 = 21,87 \cdot 10^6 \text{ đ,}$$

Tổng chi phí quy đổi của các phương án:

$$Z_1 = (0,185 \cdot 94,6 + 29,70 + 21,87) \cdot 10^6 = 69,07 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

Tính toán tương tự cho **phương án II**, kết quả ghi trong bảng 2.10.btl.

Phương án III:

Tổn thất trong các máy biến áp:

$$\begin{aligned}\Delta A_{BA3} &= (2 \cdot \Delta P_{02} \cdot 8760 + \frac{\Delta P_{k2}}{2} \cdot \frac{S^2}{S_{nBA2}^2} \cdot \tau) = \\ &= (2 \cdot 0,53 \cdot 8760 + \frac{3,15}{2} \cdot \frac{368,68^2}{180^2} \cdot 3521) = 32591 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Chi phí tổn thất

$$C_2 = 32591 \cdot 10^3 = 32,591 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

Công suất thiếu hụt khi mất điện bằng 15 % công suất loại II là

$$P_{th} = 0,15 \cdot 270,1 = 40,52 \text{ kW}$$

$$Y_3 = A_{th} \cdot g_{th} = P_{th} \cdot t_r \cdot g_{th} = 40,52 \cdot 24 \cdot 4,500 \cdot 10^3 = 4,37 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

$$Z_{III} = (0,185 \cdot 152,7 + 32,591 + 4,37) \cdot 10^6 = 65,21 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

Các kết quả tính toán được thể hiện trong bảng 2.10.btl.

Bảng 2.10.btl. Kết quả tính chọn số lượng và công suất máy biến áp

Phương án	V, 10 ⁶ VND	Chi phí hàng năm, 10 ⁶ VND/năm				
		ΔA , kWh	pV	C	Y	Z
1	94,6	29683,7	17,50	29,70	21,87	69,07
2	112,7	24557,79	20,85	24,56	21,87	67,28
3	152,7	32591	28,25	32,59	4,37	65,21

Từ bảng 2.10.btl ta thấy phương án 3 có tổng chi phí nhỏ nhất. Như vậy ta chọn phương án 3 gồm hai máy biến áp 2x180.

3. TÍNH TOÁN ĐIỆN

3.1. Hao tổn điện áp lớn nhất trong mạng điện

3.1.1. Trên đường dây

Như tính toán ở trên hao tổn điện áp lớn nhất của mạng điện sẽ được xây dựng là hao tổn trên đoạn dây OO với $\Delta U_{max} = 20,11 \text{ V}$ (bảng 2.4.btl).

3.1.2. Trong máy biến áp

$$\Delta U_{BA} = \frac{P.R_{BA} + Q.X_{BA}}{U} = \frac{296,7,775 + 218,84.15,995}{0,4} \cdot 10^{-3} = 14,496 \text{ V}$$

$$R_{BAI} = \frac{\Delta P_k \cdot U^2}{S_{BA}^2} = \frac{3,15 \cdot 0,4^2}{180^2 \cdot 10^{-3}} = 15,55 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$Z_{BAI} = \frac{U_k \cdot U^2}{100 \cdot S_{BA}} = \frac{4,0,4^2}{100 \cdot 180} \cdot 10^3 = 35,55 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$X_{BAI} = \sqrt{35,55^2 - 15,55^2} \cdot 10^{-3} = 31,97 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Khi hai máy biến áp làm việc song song thì:

$$R_{BA} = \frac{R_{BAI}}{2} = \frac{15,55}{2} = 7,775; X_{BA} = 15,995 \text{ m}\Omega$$

3.2. Hao tổn công suất

3.2.1. Trên đường dây

- Hao tổn công suất tác dụng trên đoạn dây ON được xác định theo biểu thức

$$\Delta P_{ON} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} r_0 \cdot l = \frac{41,19^2 + 34,95^2}{0,38^2} \cdot 0,95 \cdot 157,6 \cdot 10^{-6} = 3,03 \text{ kW}$$

- Hao tổn công suất phản kháng trên đoạn dây ON được xác định

$$\Delta Q_{ON} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} x_0 \cdot l = \frac{41,19^2 + 34,95^2}{0,38^2} \cdot 0,06 \cdot 157,6 \cdot 10^{-6} = 0,191 \text{ kVAr}$$

Tính toán tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng 2.6.btl.

Tổng hao tổn công suất trong toàn mạng là $\Sigma \Delta P = 26,56 \text{ kW}$ và $\Sigma \Delta Q = 0,387 \text{ kVAr}$

3.2.2. Trong máy biến áp

$$\Delta P_{BA} = (2 \cdot \Delta P_0 + \frac{1}{2} \Delta P_k \cdot (\frac{S_{\Sigma}}{S_{nBA}})^2) = (2 \cdot 0,53 + \frac{1}{2} \cdot 3,15 \cdot (\frac{368,68}{180})^2) = 7,67 \text{ kW}$$

3.3. Tổn thất điện năng

Tổng tổn thất điện năng trong toàn mạng điện

$$\Sigma \Delta A = \Delta A_{\text{dây}} + \Delta A_{BA} = 93512,07 + 32591 = 126103,1 \text{ kWh}$$

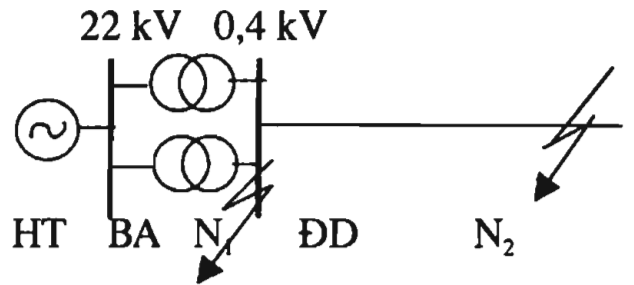
Giá trị $\Delta A_{\omega\Sigma}$ tổng tổn thất điện năng trên đường dây xác định từ bảng 2.6.btl; ΔA_{BA} - tổng tổn thất điện năng trong các máy biến áp theo phương án 3 (bảng 2.10.btl).

4. CHỌN VÀ KIỂM TRA THIẾT BỊ

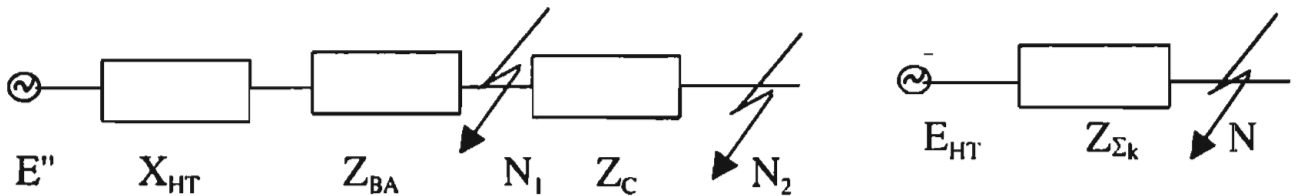
4.1. Tính toán ngắn mạch

Ta tiến hành xác định dòng điện ngắn mạch tại điểm N_1 và N_2 (tại một phân xưởng đại diện là phân xưởng xa nhất N): Để đơn giản ta có thể bỏ qua điện trở của các thiết bị phụ.

Hình 2.5.btl. Sơ đồ tính toán ngắn mạch.



Thiết lập sơ đồ thay thế tính toán



Xác định điện trở của các phần tử, tính trong hệ đơn vị có tên chọn $U_{cb} = 0,4kV$:

Theo số liệu của đề bài, công suất ngắn mạch tại điểm đấu điện là $S_k = 180 MVA$, vậy điện trở của hệ thống là:

$$X_{HT} = \frac{U_{cb}^2}{S_k} = \frac{0,4^2}{180} = 0,89 \cdot 10^{-3} \Omega$$

các điện trở R_{BA} và X_{BA} đã xác định ở mục 3.1.

$$R_{BA} = 7,775 \cdot 10^{-3} \Omega \quad X_{BA} = 15,995 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_C = r_0 l = 0,95 \cdot 0,158 = 150,1 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$X_C = x_0 l = 0,06 \cdot 0,158 = 9,4 \cdot 10^{-3} \Omega$$

* Tính toán ngắn mạch tại điểm N_1

Xác định điện trở ngắn mạch đến điểm N_1 :

$$Z_{k1} = X_{HT} + Z_{BA} = \sqrt{(7,775)^2 + (0,89 + 15,995)^2} \cdot 10^{-3} = 18,59 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{k1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 18,59} = 12,31 \text{ kA}$$

Dòng điện xung kích:

$$i_{xk1} = k_{xk} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1}^{(3)} = 1,2 \cdot \sqrt{2} \cdot 12,31 = 16,856 \text{ kA}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích:

$$I_{xk1} = q_{xk} \cdot I_{k1}^{(3)} = 1,09 \cdot 12,31 = 13,42 \text{ kA}$$

$k_{xk} = 1,2$ và $q_{xk} = 1,09$ (theo bảng 7.pl.BT)

* **Tính toán ngắn mạch tại điểm N_2 .** Mục đích của việc tính toán ngắn mạch tại điểm N_2 là để kiểm tra ổn định động và ổn định nhiệt của các thiết bị và kiểm tra độ nhạy của các thiết bị bảo vệ đường dây.

Tổng trở ngắn mạch đến điểm N_2

$$Z_{k2} = \sqrt{(7,775 + 150,1)^2 + (0,89 + 15,995 + 9,4)^2} \cdot 10^{-3} = 160,05 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm N_2 .

$$I_{k2}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{k2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 160,05} = 1,44 \text{ kA}$$

Dòng xung kích: $i_{xk2} = k_{xk} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2}^{(3)} = 1,2 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,44 = 2,44 \text{ kA}$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích: $I_{xk2} = q_{xk} \cdot I_{k2}^{(3)} = 1,09 \cdot 1,44 = 1,57 \text{ kA}$

* **Tính toán dòng ngắn mạch một pha**

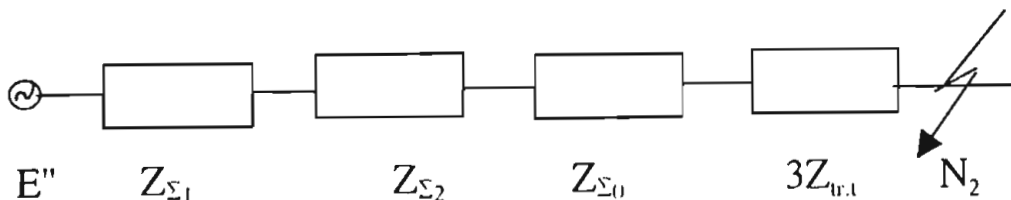
Thành phần điện trở thứ tự nghịch lấy bằng điện trở thứ tự thuận, thành phần tác dụng của điện trở thứ tự không bằng điện trở tác dụng thứ tự thuận. Điện trở phản kháng thứ tự không:

$$\text{- Máy biến áp: } X_{0BA1} = 0,7 \cdot \frac{U_{cb}^2}{S_{nBA}} = 0,7 \cdot \frac{0,4^2}{0,180} = 622,22 \cdot 10^{-3} \Omega,$$

Khi 2 máy làm việc song song $X_{0BA} = 622,22/2 = 311,11 \text{ m}\Omega$

Đường dây cáp: $X_{lC} = 2X_l$

Điện trở dây trung tính lấy bằng điện trở dây pha, như vậy $X_{tr,t} = 3X_C$



Tổng trở ngắn mạch một pha được xác định như sau:

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{(3R_{BA} + 6R_C)^2 + (3X_{HT} + 2X_{RA} + X_{0BA} + 7X_C)^2}$$

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{(3 \cdot 7,775 + 6 \cdot 150,1)^2 + (3 \cdot 0,89 + 2 \cdot 15,995 + 311,11 + 7 \cdot 9,4)^2} = 1011,45 \text{ m}\Omega$$

Dòng ngắn mạch một pha

$$I_{k2}^{(1)} = \frac{3 \cdot 0,95 \cdot 220}{1,0115} = 620 \text{ A}$$

4.2. Chọn thiết bị điện

4.2.1. Chọn thiết bị phân phối phía cao áp

Để chọn và kiểm tra thiết bị điện ta giả thiết thời gian cắt của bảo vệ là $t_k = 2,15 \text{ s}$.

4.2.1.1. Cầu chảy cao áp

$$\text{Dòng điện làm việc bình thường phía cao áp } I_{lv} = \frac{368,68}{\sqrt{3} \cdot 22} = 9,68 \text{ A}$$

Ta chọn cầu chảy cao áp do hãng SIEMENS chế tạo (hoặc cầu chảy tương đương loại ПК do Liên bang Nga chế tạo) có $U_n = 24 \text{ kV}$, dòng định mức $I_n = 10 \text{ A}$; dòng khởi động của dây chảy là 10 A .

4.2.1.2. Dao cách ly

Căn cứ vào dòng điện làm việc ta chọn dao cách ly PLH22/630 (hoặc loại 3DC do SIEMENS chế tạo),

4.2.1.3. Chống sét

Chọn chống sét van loại PBC-22T1 (bảng 35.pl.) [1] do Nga sản xuất (hoặc loại C24 do Pháp sản xuất, hoặc loại AZLP501B24 do hãng Cooper Mỹ chế tạo)

4.2.2. Chọn thiết bị phân phối phía hạ áp

4.2.2.1. Cáp điện lực

Cáp điện lực được chọn theo hao tổn điện áp cho phép như đã xác định ở mục chọn sơ đồ nối điện tối ưu. Tiết diện tối thiểu theo điều kiện ổn định nhiệt của dây cáp được kiểm tra theo biểu thức:

$$F_{\min} = I_{k2}^{(3)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_1} = 1440 \cdot \frac{\sqrt{2,15}}{75} = 28,15 < 35 \text{ mm}^2;$$

(hệ số C_1 tra theo bảng 8.pl.BT).

Như vậy cáp đã chọn đảm bảo yêu cầu về độ ổn định nhiệt.

4.2.2.2. Chọn thanh cái hạ áp của trạm biến áp

$$\text{Dòng điện chạy qua thanh cái xác định } I = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3}U} = \frac{368,68}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 532,16 \text{ A}$$

Dự định chọn thanh cái dẹt bằng đồng có $j_{kt} = 1,8 \text{ A/mm}^2$ (bảng 9.pl.BT).

Tiết diện cần thiết của thanh cái

$$F = \frac{I}{j_{kt}} = \frac{532,16}{1,8} = 295,64 \text{ mm}^2$$

Ta chọn thanh cái có kích thước $50 \times 6 = 300 \text{ mm}^2$ với $C_1 = 171$ (bảng 8.pl.BT).

Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện

$$F_{\min} = I_{kt}^{(3)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_1} = 12310 \cdot \frac{\sqrt{2,15}}{171} = 105,56 < 300 \text{ mm}^2$$

Kiểm tra ổn định động: Chọn khoảng vượt của thanh cái là $l = 125 \text{ cm}$, khoảng cách giữa các pha là $a = 60 \text{ cm}$;

Mômen uốn:

$$M = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{l^2 i_{ik}^2}{10 \cdot a} = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{125^2 \cdot 16856^2}{10 \cdot 60} = 130,22 \text{ kG.cm};$$

$$\text{Mômen chống uốn: } W = 0,167 b^2 h = 0,167 \cdot 0,6^2 \cdot 5 = 0,30 \text{ cm}^3$$

$$\text{Ứng suất: } \sigma_{tt} = \frac{M}{W} = \frac{130,22}{0,30} = 434,08 \text{ kG/cm}^2 < \sigma_{cp} = 1400 \text{ kG/cm}^2.$$

Vậy điều kiện ổn định động đảm bảo.

4.2.2.3. Chọn sứ cách điện

Ta chọn sứ OΦ-22-375 có $U = 22 \text{ kV}$; lực phá huỷ $F_{ph} = 375 \text{ kG}$.

Lực cho phép trên đầu sứ là $F_{cp} = 0,6 F_{ph} = 0,6 \cdot 375 = 225 \text{ kG}$.

$$\text{Lực tính toán } F_{tt} = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot l \frac{i_{ik}^2}{a} = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot 125 \cdot \frac{16856^2}{60} = 10,42 \text{ kG}.$$

$$\text{Hệ số hiệu chỉnh } k = H'/H = 17,5/15 = 1,17;$$

Lực tính toán hiệu chỉnh $kF_{tt} = 1,17 \cdot 10,42 = 12,19 < F_{cp} = 225 \text{ kG}$. Vậy sứ chọn đảm bảo.

4.2.2.4. Chọn aptômat

- Aptômat tổng có dòng điện phụ tải chạy qua là $I = 532,16 \text{ A}$, ta chọn aptômat loại A3144 với dòng định mức là 600 A ; dòng khởi động của môt bảo vệ là $I_{hv} = 600 \text{ A}$, dòng tác động tức thời là 4200 A (bảng 32.pl.) [1].

- Aptômat nhánh được chọn riêng cho từng phân xưởng dựa theo dòng điện tính toán, tính cho phân xưởng N:

Dòng định mức của động cơ thứ nhất được xác định theo biểu thức

$$I_{n1} = \frac{P}{\sqrt{3}U \cdot \cos \varphi} = \frac{5,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,78} = 10,91 \text{ A}$$

Các dòng điện của các động cơ khác cũng được xác định tương tự, kết quả ghi trong bảng 2.11. btl. Dòng điện khởi động của aptômat được xác định theo biểu thức

$$I_{ap} = \frac{I_{mmMax}}{\alpha_m} + k_{dt} \sum_1^{n-1} I_n$$

Trong số 8 máy công tác của phân xưởng N ta chọn ra một máy có công suất lớn nhất là máy thứ 3 có $P_n = 10 \text{ kW}$ (máy số 3 và số 5 có cùng công suất nhưng máy số 5 có k_{sd} lớn hơn và $\cos \varphi$ nhỏ hơn nên có dòng định mức lớn hơn). Để xác định ở chế độ nặng nề nhất ta coi hệ số đồng thời bằng 1. Coi hệ số mở máy của động cơ là $k_{mm} = 4,5$ động cơ có chế độ mở máy nhẹ với $\alpha_m = 2,5$ (bảng 12.pl.BT), xác định dòng mở máy của động cơ lớn nhất

$$I_{mm} = k_{mm} \cdot I_n = 4,5 \cdot 22,34 = 100,53 \text{ A}$$

$$I_{ap} = \frac{100,53}{2,5} + (10,91 + 8,44 + 17,8 + 19,23 + 5,06 + 9,87 + 16,51) = 128,05$$

Ta chọn aptômat loại A3134 có dòng điện định mức là $I_{n,Ap} = 200 \text{ A}$; dòng khởi động của môt bảo vệ $I_{kd} = 150 \text{ A}$, dòng khởi động tức thời là 1050 A . (bảng 33.pl.) [1]. Tính toán tương tự cho các phân xưởng khác, kết quả ghi trong bảng BT10.

4.2.2.5. Chọn máy biến dòng

- Biến dòng cho công tơ tổng

Căn cứ vào giá trị dòng điện chạy trên đoạn dây tổng $I_v = 532,16 \text{ A}$ ta chọn máy biến dòng loại TKM-0,5 (bảng 27.pl.) [1] có điện áp định mức là $0,5 \text{ kV}$, dòng định mức phía sơ cấp là 600 A , hệ số biến dòng $k_i = 600/5 = 120$, cấp chính xác 10%, công suất định mức phía nhị thứ là 5 VA . Kiểm tra chế độ làm việc của công tơ khi phụ tải cực tiểu.

Bảng 2.11.btl. Kết quả tính toán dòng điện của các máy ở phân xưởng N

Máy	P, kW	cosφ	I, A
1	5,60	0,78	10,91
2	4,50	0,81	8,44
3	10,00	0,68	22,34
4	7,50	0,64	17,80
5	10,00	0,79	19,23
6	2,80	0,84	5,06
7	5,00	0,77	9,87
8	7,50	0,69	16,51

Công tơ làm việc bình thường nếu dòng nhị thứ khi phụ tải cực tiểu lớn hơn dòng sai số 10% ($I_{10\%} = 0,1.5 = 0,5A$).

Dòng điện khi phụ tải nhỏ nhất (bằng 25% phụ tải tính toán)

$$I_{min} = 0,25.I_v = 0,25.532,16 = 133,04 A$$

Dòng điện nhị thứ khi phụ tải cực tiểu

$$I_{2min} = \frac{I_{min}}{k_i} = \frac{133,04}{120} = 1,11 A > I_{10\%} = 0,5 A$$

Vậy biến dòng làm việc bình thường khi phụ tải cực tiểu.

- Tương tự chọn máy biến dòng cho các phân xưởng, kết quả ghi trong bảng 2.12.btl.

Bảng 2.12.btl. Kết quả tính chọn aptômat và máy biến dòng cho các phân xưởng (PX)

PX	Chọn aptômat							Biến dòng TKM 0,5		
	$I_{n,max}$ A	$\frac{I_{mm Max}}{\alpha_m}$	$\sum_{i=1}^{N-1} I_n$	I_{ap} A	$I_{n,Ap}$ A	I_{kd} A	Loại Apt.	I_v	I_{1Bl}	I_{2min}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
N	22,34	40,22	87,83	128,05	200	150	A3133	82,35	100	1,03
G	22,34	40,21	91,09	131,30	200	150	A3133	79,62	75	1,32
U	23,37	42,07	80,38	122,45	200	150	A3133	76,15	75	1,27
Y	18,99	34,18	84,73	118,91	200	120	A3133	78,51	75	1,31
Ê	20,53	36,95	40,22	77,17	100	80	A3124	47,10	50	1,18

Bảng 2.12.btl (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
O	22,34	40,21	76,93	117,14	200	120	A3133	76,12	75	1,27
V	23,37	42,07	65,44	107,51	200	120	A3133	64,24	75	1,07
À	11,12	20,02	33,98	54,00	100	60	A3124	40,02	50	1,00
Ơ	22,34	40,21	120,2	160,42	200	200	A3133	101,8	100	1,27
B	14,18	25,52	47,21	72,73	100	80	A3124	51,3	50	1,28
A	18,99	34,18	45,10	79,28	100	80	A3124	50,4	50	1,26

4.3. Kiểm tra chế độ khởi động động cơ

Ta kiểm tra chế độ khởi động động cơ lớn nhất ở phân xưởng N.

Độ lệch điện áp khi khởi động động cơ được xác định theo biểu thức

$$\Delta U_{kd} = \frac{Z_{mha} + Z_{dd}}{Z_{mha} + Z_{dd} + Z_{dc}} 10$$

Tổng trở của động cơ lúc mở máy

$$Z_{dc} = X_{dc} = \frac{U_n}{\sqrt{3}I_n K_t} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 22,34 \cdot 4,5} = 2,18 \Omega$$

$$Z_{BA} + Z_{dd} = \sqrt{(7,82 + 150,1)^2 + (0,89 + 18,75 + 9,4)^2} \cdot 10^{-3} = 0,16 \Omega$$

$$Z_{BA} + Z_{dd} + Z_{dc} = \sqrt{(7,82 + 150,1)^2 + (0,89 + 18,75 + 9,4 + 2180)^2} \cdot 10^{-3} = 2,21 \Omega$$

$$\Delta U_{kd} = \frac{Z_{mha} + Z_{dd}}{Z_{mha} + Z_{dd} + Z_{dc}} 100 = \frac{0,16}{2,21} 100 = 7,2 \% < 40 \%$$

Vậy chế độ khởi động động là ổn định.

5. TÍNH TOÁN BÙ HỆ SỐ CÔNG SUẤT - COSφ

5.1. Xác định dung lượng tụ bù

Giá trị công suất phản kháng cần bù để nâng hệ số công suất hiện tại của của phân xưởng N lên giá trị $\cos\varphi_2 = 0,9$ ứng với $\tan\varphi_2 = 0,48$ được xác định theo biểu thức:

$$Q_b = P(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2) = 41,19(0,86 - 0,48) = 15,45 \text{ kVAr.}$$

Ta chọn tụ điện 3 pha loại KC1-38-14-3Y1 (bảng 40.pl.) [1] hoặc loại tương đương có công suất định mức là $Q_{bn} = 14 \text{ kVAr.}$

5.2. Đánh giá hiệu quả bù

Công suất biểu kiến của phân xưởng sau khi bù sẽ là

$$S_N = P_N + j(Q_N - Q_{bn}) = 41,19 + j(34,95 - 14) = 41,19 + j20,95$$

Bảng 2.13.btl. Kết quả tính chọn tụ bù

PX	cos φ	tgφ	Q _b	Q _{bn}	Loại tụ	ΔA _{sb}	ΔA-ΔA _{sb}	δC	V _b 10 ⁶	pV _b
N	0,76	0,86	15,45	14	KC1-0,38-14-3Y	7796,18	2857,06	2,86	1,68	0,31
G	0,79	0,78	12,33	14	KC1-0,38-14-3Y	6568,68	2223,33	2,22	1,68	0,31
U	0,79	0,78	11,77	14	KC1-0,38-14-3Y	7258,36	2580,31	2,58	1,68	0,31
Y	0,79	0,78	12,03	14	KC1-0,38-14-3Y	8596,86	3040,05	3,04	1,68	0,31
Ê	0,80	0,75	6,66	14	KC1-0,38-14-3Y	3401,85	1778,34	1,78	1,68	0,31
O	0,77	0,83	13,38	14	KC1-0,38-14-3Y	8611,19	3370,36	3,37	1,68	0,31
V	0,77	0,83	11,32	14	KC1-0,38-14-3Y	5444,83	2495,49	2,50	1,68	0,31
Á	0,83	0,67	4,21	14	KC1-0,38-14-3Y	1836,35	812,68	0,81	1,68	0,31
Ơ	0,75	0,88	20,07	28	KC1-0,38-28-3Y	7304,00	4528,26	4,53	3,36	0,62
B	0,79	0,78	7,88	14	KC1-0,38-14-3Y	5148,63	2635,47	2,64	1,68	0,31
A	0,81	0,72	6,58	14	KC1-0,38-14-3Y	3587,32	1636,47	1,64	1,68	0,31
						65554,25	27957,82	27,96	20,16	3,73

Tổn thất điện năng sau khi bù

$$\Delta A_{sb} = \frac{41,19^2 + 20,95^2}{0,38^2} \cdot 0,95 \cdot 157,6 \cdot 10^{-6} \cdot 3521 = 7796,18 \text{ kWh}$$

Lượng điện năng tiết kiệm được do bù công suất phản kháng

$$\delta A = \Delta A - \Delta A_{sb} = 10653,24 - 7796,18 = 2857,06 \text{ kWh}$$

Số tiền tiết kiệm được trong năm

$$\delta C = \delta A \cdot c_{\Delta} = 2857,06 \cdot 1000 = 2,86 \cdot 10^6 \text{ đ/năm}$$

Vốn đầu tư tụ bù

$$V_b = v_{0b} Q_{bn} = 120 \cdot 14 \cdot 10^3 = 1,68 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

Chi phí quy đổi

$$Z_b = pV_b = 0,185 \cdot 1,68 \cdot 10^6 = 0,31 \cdot 10^6 \text{ đ/năm}$$

Tính toán tương tự cho các phân xưởng khác, kết quả ghi trong bảng 2.13.btl.

Tổng số tiền tiết kiệm được do đặt tụ bù hàng năm là

$$TK = \delta C - pV_b = (27,96 - 3,73) \cdot 10^6 = 24,23 \cdot 10^6 \text{ đ/năm}$$

Có thể nhận thấy việc đặt tụ bù mang lại hiệu quả kinh tế rất lớn.

6. TÍNH TOÁN NỐI ĐẤT

Như đã biết, điện trở nối đất cho phép đối với trạm biến áp có công suất lớn hơn 100 kVA là $R_d = 4 \Omega$. Để tiết kiệm ta sử dụng hệ thống móng của nhà xưởng và hệ thống ống nước làm tiếp địa tự nhiên, với điện trở nối đất đo được là $R_{in} = 27,6 \Omega$, điện trở suất của đất là $\rho_o = 1,24 \cdot 10^4 \Omega \text{ cm}$ đo trong điều kiện độ ẩm trung bình (hệ số hiệu chỉnh của cọc tiếp địa là $k_{coc} = 1,5$ và đối với thanh nối $k_{nga} = 2$ bảng 44.pl. [1]).

Trước hết ta xác định điện trở tiếp địa nhân tạo

$$R_{nt} = \frac{R_{in} \cdot R_d}{R_{in} - R_d} = \frac{27,6 \cdot 4}{27,6 - 4} = 4,68 \Omega$$

Chọn cọc tiếp địa bằng thép tròn dài $l = 2,5 \text{ m}$, đường kính $d = 5,6 \text{ cm}$ đóng sâu cách mặt đất $h = 0,5 \text{ m}$. Điện trở tiếp xúc của cọc này có giá trị

$$R_{coc} = \frac{k_{coc} \rho_o}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h_{tb} + l}{4h_{tb} - l} \right) = \frac{1,5 \cdot 1,24}{2 \cdot 3,14 \cdot 250} \left(\ln \frac{2 \cdot 250}{5,6} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 175 + 250}{4 \cdot 175 - 250} \right) = 55,8 \Omega$$

Chiều sâu trung bình của cọc $h_{tb} = h + \frac{l}{2} = 50 + \frac{250}{2} = 170 \text{ cm}$

Sơ bộ chọn số lượng cọc

$$n = \frac{R_{coc}}{R_{n.l}} = \frac{55,8}{4,68} = 11,92 \text{ chọn } n = 12 \text{ cọc}$$

Số cọc này được đóng xung quanh trạm biến áp theo chu vi

$$L = 2(5+7) = 24 \text{ m}$$

Khoảng cách trung bình giữa các cọc là $l_s = L/n = 24/12 = 2 \text{ m}$.

Tra bảng 49.pl. [1] ứng với tỷ lệ $l_s/l = 2/2,5 = 0,8 \approx 1$ và số lượng cọc là 12, ta xác định được hệ số lợi dụng của các cọc tiếp địa là $\eta_{coc} = 0,52$, hệ số lợi dụng của thanh nối $\eta_{nga} = 0,32$.

Chọn thanh nối tiếp địa bằng thép có kích thước $b \times c = 50 \times 6 \text{ cm}$. Điện trở tiếp xúc của thanh nối ngang

$$R_{nga} = \frac{k_{nga} \rho_o}{2\pi \cdot L} \ln \frac{2L^2}{b \cdot h} = \frac{2 \cdot 1,24 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 2400} \ln \frac{2 \cdot 2400^2}{5 \cdot 50} = 17,67 \Omega$$

Điện trở thực tế của thanh nối ngang có xét đến hệ số lợi dụng η_{nga} là

$$R'_{nga} = \frac{R_{nga}}{\eta_{nga}} = \frac{17,67}{0,32} = 55,22 \Omega$$

Điện trở cần thiết của hệ thống tiếp địa nhân tạo có tính đến điện trở của thanh nối

$$R'_{nt} = \frac{R'_{nga} \cdot R_{n.t}}{R'_{nga} - R_{n.t}} = \frac{55,22 \cdot 4,68}{55,22 - 4,68} = 5,11 \Omega;$$

Số lượng cọc chính thức là

$$n_{ct} = \frac{R_{coc}}{\eta_{coc} \cdot R'_{nt}} = \frac{55,8}{0,52 \cdot 5,11} = 20,98 \text{ cọc chọn } n_{ct} = 21 \text{ cọc}$$

Kiểm tra độ ổn định nhiệt của hệ thống tiếp địa

$$F_{min} = I_{kl}^{(3)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_1} = 13720 \cdot \frac{\sqrt{2,15}}{74} = 272,87 < S_{in} = 50 \cdot 6 = 300 \text{ mm}^2$$

Vậy hệ thống tiếp địa thoả mãn về điều kiện ổn định nhiệt.

7. HẠCH TOÁN CÔNG TRÌNH

Trong phần hạch toán công trình ta chỉ xét đến các thiết bị chính mà được liệt kê trong bảng 2.14.btl.

* Tổng giá thành công trình là $\Sigma V = 317,49$ triệu đồng.

* Tổng giá thành có tính đến công lắp đặt

$$V_{\Sigma} = k_{ld} \Sigma V = 1,1 \cdot 317,49 = 349,24 \text{ triệu đồng}$$

* Giá thành một đơn vị công suất đặt

$$g_d = \frac{\Sigma V}{S_d} = \frac{349,24}{360} \cdot 10^6 = 0,97 \cdot 10^6 \text{ đ/kVA}$$

Bảng 2.14.btl. Liệt kê thiết bị và hạch toán giá thành

TT	Tên thiết bị	Quy cách	Đơn vị	Số lượng	Đơn giá, 10^3 đ	V 10^6 đ
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Trạm biến áp	2.TM180/22	Cái	1	$152,7 \cdot 10^3$	152,7
2	Dây dẫn 22 kV	AC35	M	337,39	80,75	27,24
3	Cáp hạ áp	ABBG 35	M	295,82	81,34	24,06
4	-nt-	ABBG 25	M	134,2	70,24	9,43

Bảng 2.14.btl (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
5	-nt-	ABBG 16	m	311,22	62,34	19,40
6	-nt-	ABBG 10	m	125,18	53,44	6,69
7	-nt-	ABBG 6	m	78,62	40,46	3,18
8	Cầu chày cao áp	ΠK,22	Bộ	1	2500	2,50
9	Chống sét van	PB-22	Bộ	1	2000	2,00
10	Dao cách ly		Bộ	1	1600	1,60
11	Vỏ tủ điện		Cái	1	1000	1,00
12	Aptômat tổng	A3143	Cái	1	3500	3,50
13	Aptômat nhánh	A3134	Cái	7	2500	17,50
14	Aptômat nhánh	A3124	Cái	4	2100	8,40
15	Biến dòng	TKL-0,5	Bộ	12	100	1,20
16	Ampeké	0-200 A	Cái	14	100	1,40
17	Vônké	0-500 V	Cái	12	110	1,32
18	Công tơ 3 pha		Cái	12	6	7,20
19	Đồng thanh cái	M,50x6	kg	10	60	0,60
20	Sứ thanh cái		Cái	9	50	0,45
21	Bộ giàn trạm		Bộ	1	3500	3,50
22	Cọc tiếp địa	Φ5,6	Cọc	21	100	2,1
23	Thanh nối	50x6	M	24	15	0,36
24	Tụ bù	KC1-0,38-14	bộ	10	1,68	16,8
25	Tụ bù	KC1-0,38-28	bộ	1	3,36	3,36
					Σ	317,49

* Tổng chi phí quy đổi

$$Z_{\Sigma} = p V_{\Sigma} + C_{HT\Sigma} - \delta A_{\Sigma} = (0,185 \cdot 349,27 + 126,103 - 27,958) \cdot 10^6 = 162,76 \cdot 10^6 \text{ đ./năm.}$$

* Tổng điện năng tiêu thụ

$$\Sigma A = P_{\Sigma} \cdot T_M = 270,1 \cdot 5100 = 1377510 \text{ kWh}$$

* Tổng chi phí trên một đơn vị điện năng

$$g = \frac{Z_{\Sigma}}{\Sigma A} = \frac{162,76}{1377510} \cdot 10^6 = 118,15 \text{ đ./kWh.}$$

Đồ án 3

THIẾT KẾ CUNG CẤP ĐIỆN CHO MỘT CHUNG CƯ CAO TẦNG

Đề bài:

Hãy thiết kế cung cấp điện cho một chung cư $n_{\text{tầng}}$ tầng, kích thước mặt bằng $A \times B$, mỗi tầng có n_h căn hộ, công suất tiêu thụ trung bình của mỗi hộ là $p_{0,1}$ kW/hộ. Mô hình dự báo phụ tải sinh hoạt có dạng tuyến tính với suất tăng phụ tải trung bình hàng năm là α_{tb} . Xác suất đóng trung bình của các thiết bị điện gia dụng ở các giờ cao điểm ngày là $p^n = 0,35$ và cao điểm đêm là $p^d = 0,7$. Điểm đặt trạm biến áp tiêu thụ điện áp sơ cấp là U_1 , kV cách tâm nhà là l_n m. Chiều cao trung bình của mỗi tầng là $h_{\text{tq}} = 3,5$ m. Chiều sáng chung trong nhà với diện tích $F_{\text{tr},n}$ bằng 1,75% tổng diện tích mặt bằng ($A \times B$), tổng chiều dài mạng điện chiếu sáng trong nhà lấy bằng 4,5 lần tổng chiều cao của chung cư, suất công suất chiếu sáng trung bình là $p_{\text{ocs},1}$ W/m²; Chiều sáng ngoài trời với tổng chiều dài bằng nửa chu vi của khu chung cư ($L_{\text{cs},2} = A+B$), khoảng cách từ trạm biến áp đến mạch chiếu sáng lấy bằng $l_1 = 0,655.l_n$; suất công suất chiếu sáng là $p_{\text{ocs},2}$ W/m. Toàn bộ chung cư có $n_{\text{th},m}$ thang máy công suất của mỗi thang máy là 7 kW với hệ số tiếp điện $\varepsilon = 0,8$; $\cos\varphi_{\text{t,m}} = 0,54$; Một trạm bơm gồm n_b máy công suất mỗi máy là 6,3 kW, hệ số sử dụng $k_{\text{sd}} = 0,55$ và $\cos\varphi_b = 0,78$; Phụ tải chiếu sáng và động lực không thay đổi đáng kể theo thời gian. Hao tổn điện áp cho phép là ΔU_{cf} . Thời gian mất điện trung bình trong năm $t_r = 24$ h; Suất thiệt hại do mất điện $g_{\text{th}} = 1500$ đ/kWh; Chu kỳ thiết kế là $T = 15$ năm. Thời gian sử dụng công suất cực đại T_M h/năm; Hệ số chiết khấu $i = 0,1$; giá thành tổn thất điện năng $c_{\Delta} = 550$ đ/kWh; thời gian tiêu chuẩn thu hồi vốn đầu tư $T_n = 10$ năm. Thuế suất $s = 15\%$; giá bán điện $g_b = 550$ đ/kWh; giá mua điện $g_m = 420$ đ/kWh. Các dữ kiện của bài toán được lấy trong bảng 3.1. tương ứng với chữ cái của họ (cột 1÷ 6); tên đệm (7÷10) và tên (11÷13) của người thiết kế; các tham số khác tra trong các bảng phụ lục [1].

Nhiệm vụ thiết kế:

I. Thuyết minh

1. Tính toán nhu cầu phụ tải.
2. Xác định sơ đồ nối dây và tiết diện dây dẫn.
3. Xác định tổn thất điện năng.
4. Chọn số lượng và công suất máy biến áp.

5. Chọn thiết bị điện.
6. Kiểm tra chế độ khởi động của các động cơ.
7. Tính toán nối đất.
8. Hạch toán công trình.
9. Phân tích kinh tế – tài chính.

II. Bản vẽ

- Sơ đồ nối dây của mạng điện.
- Sơ đồ mặt bằng và mặt cắt trạm biến áp tiêu thụ.
- Các bảng số liệu tính toán .

Bảng 3.1. Số liệu thiết kế khu chung cư cao tầng

α - β	Ứng với tên Họ						Ứng với tên đệm				Ứng với tên		
	AxB, m x m	U_1 , kV	$n_{t\acute{a}ng}$	$n_{h\grave{o}}$	$n_{th.m}$	n_b	P_0 , kW	α_{tb}	$P_{0.1}$ W/m ²	$P_{0.2}$, W/m	l_n , m	ΔU_{cf} %	T_M , h
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A	180x220	20	11	14	6	3	1,35	0,033	20	30	60	5	3560
Ă	150x210	20	10	14	6	3	1,36	0,035	15	25	72	4,5	3840
Â	160x220	10	10	13	4	3	1,35	0,031	18	30	50	4,5	3680
B	150x220	10	9	14	5	3	1,4	0,035	18	25	65	5	3780
C	180x240	20	12	16	6	4	1,36	0,032	20	30	45	5	3570
D	160x230	10	13	14	6	4	1,4	0,035	15	25	66	4,5	3670
Đ	150x200	10	9	12	4	2	1,38	0,031	15	30	55	4,55	3750
E	170x230	20	12	16	6	4	1,33	0,04	15	30	65	5,5	3690
Ê	150x210	20	13	13	5	3	1,38	0,035	18	30	100	4,5	3780
G	170x240	10	13	17	6	4	1,4	0,033	18	28	28	4,5	3760
H	150x220	10	14	14	6	4	1,38	0,032	20	25	45	5	3750
I	150x210	20	14	13	5	3	1,36	0,04	19	28	65	5,5	3560
K	180x230	20	12	16	7	4	1,4	0,03	20	30	70	4,8	3780
L	140x210	10	10	12	4	3	1,41	0,03	20	25	55	4,8	3950
M	140x220	10	9	12	4	3	1,4	0,04	15	28	60	5,2	4010
N	150x210	20	9	13	4	3	1,38	0,04	16	28	68	5,5	3850

Bảng 3.1.(tiếp theo)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
O	160x210	10	10	15	6	4	1,37	0,032	18	30	70	4,7	3760
Ơ	190x230	20	12	18	7	4	1,41	0,04	20	30	50	4,5	3750
Ô	160x200	20	13	13	5	4	1,42	0,032	20	28	45	4,3	3840
P	170x210	10	15	16	6	4	1,43	0,03	18	28	56	4,5	3760
Q	180x200	10	13	18	7	4	1,37	0,033	18	29	67	4,8	3750
R	190x240	10	12	20	8	4	1,39	0,032	16	30	70	4,7	3830
S	170x200	10	9	15	5	3	1,33	0,035	18	26	58	5	3930
T	150x220	10	9	13	4	3	1,36	0,03	20	25	63	5,5	3820
U	160x240	20	10	14	5	3	1,4	0,034	20	27	38	5,2	3680
Ư	160x250	10	12	15	6	4	1,39	0,032	20	28	46	5	4100
V	170x230	20	14	18	7	4	1,38	0,03	15	30	55	4,5	4210
X	150x200	20	10	9	4	2	1,39	0,032	18	28	62	4,6	3890
Y	150x210	20	9	10	4	2	1,4	0,035	20	30	50	4,7	3780

Bài giải mẫu

Giả sử người thiết kế có tên là Đặng Văn Định, các dữ kiện được lấy tương ứng như sau:

$\alpha - \beta$	Ứng với hàng Đ						Ứng với hàng V				Ứng với hàng Đ	
	AxB	U_1, kV	$n_{\text{tăng}}$	$n_{\text{hộ}}$	$n_{\text{h.m}}$	n_{h}	P_0, kW	α_{tb}	$P_{0.1}$ W/m^2	$P_{0.2}$ W/m	l_n, m	T_M, h
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	150x200	10	9	12	4	2	1,38	0,03	15	30	55	3750

Giải:

1. XÁC ĐỊNH NHU CẦU PHỤ TẢI

1.1. Phụ tải điện sinh hoạt

Trước hết ta xác định mô hình dự báo phụ tải: Coi năm cơ sở là năm hiện tại $t_0 = 0$, áp dụng mô hình (1.22) dạng

$$P_t = P_0 [1 + \alpha(t - t_0)] = 1,38.(1 + 0,03.t)$$

Phụ tải tính toán sẽ là phụ tải cực đại ở năm cuối của chu kỳ thiết kế. Suất phụ tải của mỗi hộ gia đình ở cuối chu kỳ thiết kế là

$$P_{0,15} = 1,38.(1+0.03.10) = 2 \text{ kW}$$

Tính toán tương tự cho các năm khác, kết quả ghi trong bảng

Để tiện chọn thiết bị ngoài việc xác định phụ tải tổng của toàn chung cư, ta cần xác định phụ tải riêng cho mỗi tầng. Hệ số đồng thời của mỗi tầng được xác định theo biểu thức

$$k_{dt}^n = p^n + 1,5 \cdot \sqrt{\frac{p^d(1-p^n)}{n_{ho}}} = 0,35 + 1,5 \cdot \sqrt{\frac{0,35.(1-0,35)}{12}} = 0,56$$

$$k_{dt}^d = p^d + 1,5 \cdot \sqrt{\frac{p^d(1-p^d)}{n_{ho}}} = 0,7 + 1,5 \cdot \sqrt{\frac{0,7.(1-0,7)}{12}} = 0,89$$

Công suất tính toán của mỗi tầng

$$P_{t\text{ang}} = P_{t\text{ang}}^d = k_{dt}^d \sum p_{0,15} \cdot n_{ho} = 0,895 \cdot 2 \cdot 12 = 21,56 \text{ kW}$$

Hệ số đồng thời của toàn chung cư với tổng số $n = 12 \times 9 = 108$ hộ

$$k_{dt}^n = 0,35 + 1,5 \cdot \sqrt{\frac{0,35.(1-0,35)}{108}} = 0,42$$

$$k_{dt}^d = 0,7 + 1,5 \cdot \sqrt{\frac{0,7.(1-0,7)}{108}} = 0,77$$

Phụ tải sinh hoạt ngày và đêm của toàn chung cư

$$P_{sh}^n = k_{dt}^n \sum p_{0,15} \cdot n = 0,42 \cdot 2 \cdot 108 = 90,47 \text{ kW}$$

$$P_{sh}^d = k_{dt}^d \sum p_{0,15} \cdot n = 0,77 \cdot 2 \cdot 108 = 165,49 \text{ kW}$$

Theo tỷ lệ $P^n/P^d = 0,55$ ta tra bảng 3.pl.BT xác định được hệ số công suất trung bình của phụ tải sinh hoạt là $\cos\varphi_{th} = \cos\varphi^d = 0,913$. $\text{tg}\varphi^d = 0,426$.

1.2. Tính toán phụ tải động lực

a. Thang máy

Công suất của các thang máy quy về chế độ làm việc dài hạn

$$P_{tm} = P_{n,tm} \sqrt{\varepsilon} = 7 \cdot \sqrt{0,8} = 6,26 \text{ kW}$$

Tổng công suất của các thang máy

$$P_{\Sigma tm} = k_{nc,tm} \cdot \sum P_{tm} = 0,65 \cdot 4 \cdot 6,26 = 16,28 \text{ kW}$$

(Hệ số nhu cầu của thang máy tra theo bảng 4.pl.) [1]. Với số thang máy là 4 đối với nhà cao 9 tầng hệ số $k_{nc,tm} = 0,65$. Đối với thang máy, có thể coi hệ số tham gia vào cực đại ở các giờ

cao điểm là như nhau và bằng 1, tức là $P_{tm}^n = P_{tm}^d = 16,28 \text{ kW}$;

b. Bơm nước

Vì hai máy bơm có công suất giống nhau nên hệ số nhu cầu của trạm bơm là

$$k_{nc} = k_{sd} + \frac{1 - k_{sd}}{\sqrt{n_b}} = 0,6 + \frac{1 - 0,6}{\sqrt{2}} = 0,882$$

Công suất tính toán của trạm bơm:

$$P_b = k_{nc} \cdot n_b \cdot P_{n,bom} = 0,882 \cdot 2 \cdot 6,3 = 11,12 \text{ kW}$$

Công suất tính toán ở các thời điểm cực đại:

- Ngày: $P_{b,ng} = k_{tm}^n \cdot P_b = 1 \cdot 11,12 = 11,12 \text{ kW}$

- Đêm: $P_{b,d} = k_{tm}^d \cdot P_b = 0,55 \cdot 11,12 = 6,23 \text{ kW}$

Công suất tính toán của nhóm động lực:

$$P_{dl}^n = P_{tm}^n + P_b^n \left[\left(\frac{P_b^n}{5} \right)^{0,04} - 0,41 \right] = 16,28 + 11,12 \cdot \left[\left(\frac{11,12}{5} \right)^{0,04} - 0,41 \right] = 23,2 \text{ kW}$$

$$P_{dl}^d = P_{tm}^d + P_b^d \left[\left(\frac{P_b^d}{5} \right)^{0,04} - 0,41 \right] = 16,28 + 6,23 \cdot \left[\left(\frac{6,23}{5} \right)^{0,04} - 0,41 \right] = 20 \text{ kW}$$

Hệ số công suất của nhóm động lực

$$\cos \varphi_{dl} = \frac{\sum P_i \cdot \cos \varphi_i}{\sum P_i} = \frac{16,28 \cdot 0,54 + 11,12 \cdot 0,75}{16,23 + 11,12} = 0,62$$

1.3. Phụ tải chiếu sáng công cộng

a. Chiếu sáng trong nhà

Tổng diện tích chiếu sáng là $F_{cs,1} = 0,0175 \cdot (150 \cdot 200) = 525 \text{ m}^{2+}$

Công suất chiếu sáng trong nhà

$$P_{cs,1} = p_{0cs,1} \cdot F_{cs,1} = 0,015 \cdot 525 = 7,875 \text{ kW}$$

b. Chiếu sáng bên ngoài

Tổng chiều dài mạch chiếu sáng ngoài trời

$$L_{cs,2} = A + B = 150 + 200 = 350 \text{ m}$$

Công suất chiếu sáng ngoài trời

$$P_{cs,2} = p_{0cs,2} \cdot L_{cs,2} = 0,03 \cdot 350 = 10,5 \text{ kW}$$

1.4. Tổng hợp phụ tải

Tổng công suất chiếu sáng: $P_{cs} = k_{dl}(P_{cs1} + P_{cs2}) = 1.(7,875+10,5) = 18,375 \text{ kW}$

Hệ số đồng thời của 2 nhóm phụ tải chiếu sáng $k_{dl} = 1$

Phụ tải tổng hợp của toàn chung cư xác định theo phương pháp số gia.

Bảng 3.2. Số liệu về phụ tải tính toán của các nhóm ở các giờ cao điểm

Công suất ở giờ cao điểm, kW	Phụ tải sinh hoạt		Động lực		Chiếu sáng	
	P_{sh}^n	P_{sh}^d	$P_{th.m}^n$	$P_{th.m}^d$	P_{cs}^n	P_{cs}^d
	90,47	165,49	23,2	20	0	18,375

Công suất tính toán của 2 nhóm động lực và chiếu sáng

$$P_{dl\&cs}^n = P_{dl}^n = 23,2 \text{ kW}$$

$$P_{dl\&cs}^d = P_{dl}^d + P_{cs}^d \left[\left(\frac{P_{cs}^d}{5} \right)^{0,04} - 0,41 \right] = 20 + 18,375 \cdot \left[\left(\frac{18,375}{5} \right)^{0,04} - 0,41 \right] = 31,83 \text{ kW}$$

Số gia của phụ tải động lực và chiếu sáng ở các thời điểm cực đại

$$\Delta P_{dl\&cs}^n = 23,2 \cdot \left[\left(\frac{23,2}{5} \right)^{0,04} - 0,41 \right] = 15,16 \text{ kW}$$

$$\Delta P_{dl\&cs}^d = 31,83 \cdot \left[\left(\frac{31,83}{5} \right)^{0,04} - 0,41 \right] = 21,23 \text{ kW}$$

Công suất tổng hợp của toàn chung cư

$$P_{\Sigma}^n = P_{sh}^n + \Delta P_{dl\&cs}^n = 90,47 + 15,16 = 105,63 \text{ kW}$$

$$P_{\Sigma}^d = P_{sh}^d + \Delta P_{dl\&cs}^d = 165,49 + 21,23 = 186,71 \text{ kW}$$

Như vậy công suất tính toán sẽ là

$$P_{tt} = \text{Max}(P_{\Sigma}^n; P_{\Sigma}^d) = \text{Max}(105,63; 186,71) = 186,71 \text{ kW}$$

Coi hệ số công suất của phụ tải chiếu sáng bằng 1, xác định hệ số công suất tổng hợp

$$\cos \varphi_{\Sigma} = \frac{\sum P_i \cdot \cos \varphi_i}{\sum P_i} = \frac{165,49 \cdot 0,913 + 20 \cdot 0,62 + 18,375 \cdot 1}{165,49 + 20 + 18,375} = 0,89 \rightarrow \text{tg} \varphi_{\Sigma} = 0,506$$

Vậy công suất biểu kiến sẽ là

$$S = \frac{P_{tt}}{\cos \varphi_{\Sigma}} = \frac{186,71}{0,89} = 209,18 \text{ kVA}$$

$$Q = P_{tt} \cdot \text{tg} \varphi_{\Sigma} = 186,71 \cdot 0,506 = 94,3 \text{ kVAr}$$

2. CHỌN SƠ ĐỒ NỐI DÂY VÀ TIẾT DIỆN DÂY DẪN

Để tăng độ tin cậy của mạng điện sơ đồ được bố trí 2 đường dây hỗ trợ dự phòng cho nhau được tính toán để mỗi đường dây có thể mang tải an toàn khi có sự cố ở một trong 2 đường dây mà không làm giảm chất lượng điện trên đầu vào của các hộ tiêu thụ (hình 3.1); Các mạch điện sinh hoạt, chiếu sáng và thang máy được xây dựng độc lập với nhau. Mạch chiếu sáng có trang bị hệ thống tự động đóng ngắt theo chương trình xác định.

2.1. Chọn dây dẫn từ trạm biến áp đến tủ phân phối

Tổng đặt tại lồng thang máy tầng 1 với tổng chiều dài $l_1 = 55$ m, trong tổng số hao tổn điện áp cho phép 4,5% ta phân bố cho 3 đoạn như sau: Từ trạm biến áp đến tủ phân phối tổng $\Delta U_{ct1} = 2\%$, từ tủ phân phối tổng đến tủ phân phối các tầng và từ tủ phân phối tầng đến các hộ gia đình đều bằng 1,25%; Dự định chọn cáp lõi đồng có độ dẫn điện $\gamma = 54$ m.mm²/Ω.

Sơ bộ chọn $x_0 = 0,1$ Ω/km, xác định thành phần hao tổn điện áp phản kháng

$$\Delta U_{x1} \% = \frac{Q_{\Sigma} \cdot x_0 \cdot l_1}{U^2} \cdot 100 = \frac{94,3 \cdot 0,1 \cdot 55 \cdot 100}{380^2} = 0,036\%$$

Thành phần hao tổn điện áp tác dụng

$$\Delta U_{r1} \% = \Delta U_{ct1} \% - \Delta U_{x1} \% = 2 - 0,036 = 1,64\%$$

Tiết diện dây dẫn của đường dây cung cấp cho tủ phân phối tổng được xác định theo biểu thức

$$F_1 = \frac{P_{\Sigma} \cdot l_1 \cdot 10^5}{\gamma \cdot \Delta U_{r1} \% \cdot U^2} = \frac{186,71 \cdot 55 \cdot 10^5}{54 \cdot 1,64 \cdot 380^2} = 80,26 \text{ mm}^2$$

Ta chọn cáp vặn xoắn tiết diện 95 mm² cách điện XLPE vỏ PVC của hãng FURUKAWA (Nhật) chế tạo có $r_{01} = 0,19$ và $x_{01} = 0,08$ Ω/km

Hao tổn điện áp thực tế

$$\Delta U_1 = \frac{P_{\Sigma} \cdot r_{01} + Q_{\Sigma} \cdot x_{01}}{U^2} \cdot l_1 \cdot 100 = \frac{186,71 \cdot 0,19 + 94,3 \cdot 0,08}{380^2} \cdot 55 \cdot 100 = 1,64\% < 2\%$$

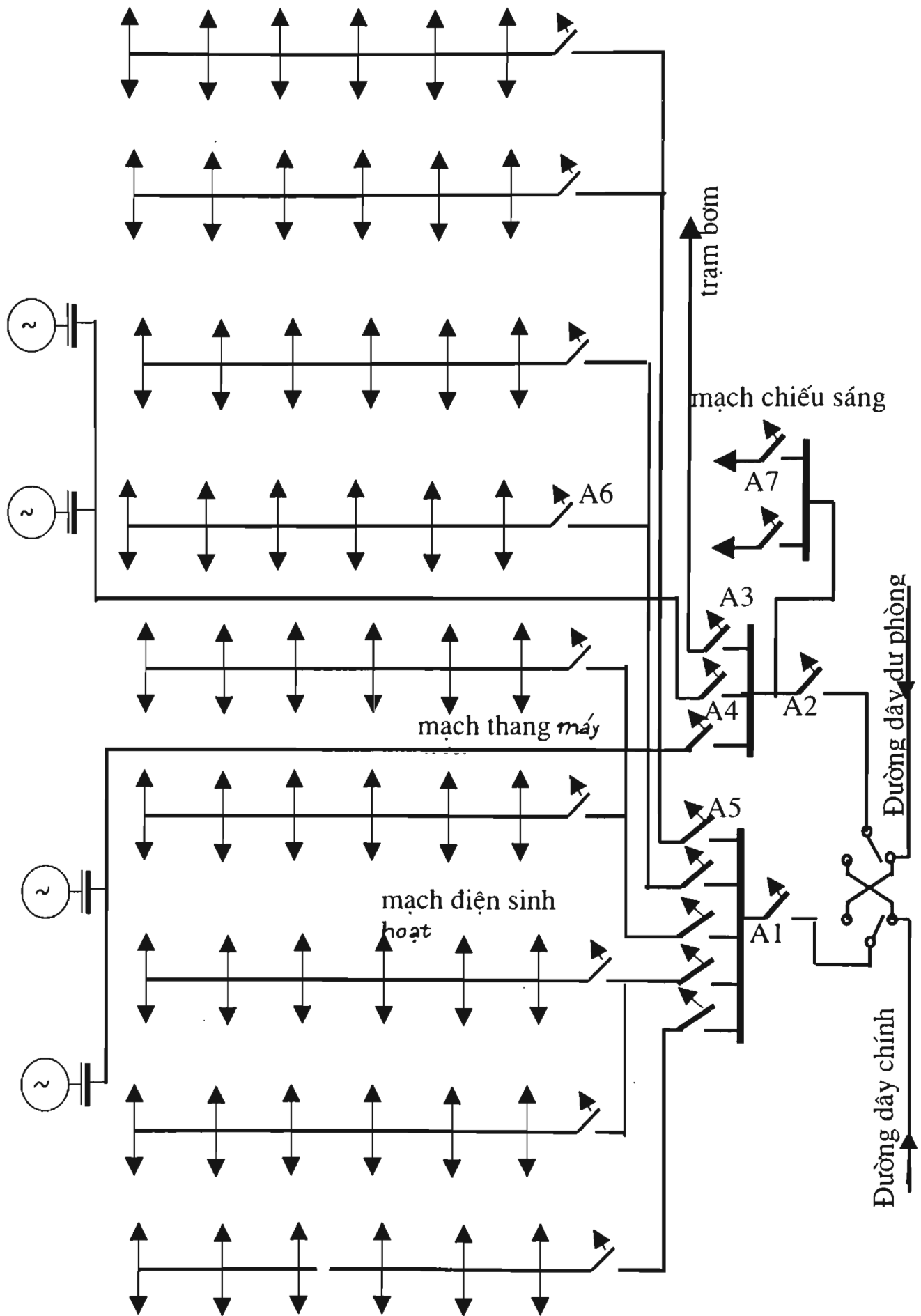
Như vậy cáp đã chọn đảm bảo yêu cầu về chất lượng điện áp.

3.2. Chọn dây dẫn đến các tầng

Có thể thực hiện theo 2 phương án: phương án 1- mỗi tầng một tuyến dây đi độc lập; phương án 2- chọn một tuyến dây dọc chung cho tất cả các tầng.

a. Phương án 1: Tính toán cho tầng cao nhất là tầng 9:

Chiều dài từ tủ phân phối đến tủ phân phối tầng là $l_2 = 3,5 \cdot 9 = 31,5$ m



Hình 3.1. Sơ đồ nguyên lý mạng điện cung cấp cho chung cư 9 tầng .

Công suất phản kháng của mỗi tầng như đã xác định ở trên: $Q_{\text{tầng}} = P_{\text{tầng}} \cdot \text{tg}\varphi = 21,56 \cdot 0,426 = 9,63 \text{ kVAr}$.

Thành phần phản kháng của hao tổn điện áp

$$\Delta U_{x_2} \% = \frac{Q_{\text{tầng}} \cdot x_0 \cdot l_2}{U^2} \cdot 100 = \frac{9,63 \cdot 0,1 \cdot 31,5 \cdot 100}{380^2} = 0,021 \%$$

Thành phần hao tổn điện áp tác dụng

$$\Delta U_{r_2} \% = \Delta U_{c12} \% - \Delta U_{x_2} \% = 1,25 - 0,021 = 1,229 \%$$

Tiết diện dây dẫn của đường từ tủ phân phối tổng đến tủ phân phối tầng

$$F_2 = \frac{P_{\text{tầng}} \cdot l_2 \cdot 10^5}{\gamma \cdot \Delta U_{r_2} \% \cdot U^2} = \frac{21,56 \cdot 31,5 \cdot 10^5}{54 \cdot 1,229 \cdot 380^2} = 6,94 \text{ mm}^2$$

Ta chọn cáp hạ áp XLPE-10 có tiết diện 10 mm^2 với $r_0 = 2$ và $x_0 = 0,08 \Omega/\text{km}$.

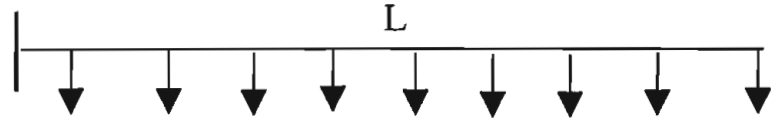
Hao tổn điện áp thực tế

$$\Delta U_2 = \frac{21,56 \cdot 2 + 9,63 \cdot 0,08}{380^2} \cdot 31,5 \cdot 100 = 0,96 < 1,25 \%$$

b. Phương án 2

Hình 3.2.

Sơ đồ đường dây lên các tầng.



Coi đường dây dọc lên các tầng có phụ tải phân bố đều (hình 3.2).

$$\Delta U_{x_2} \% = \frac{Q_{\Sigma} \cdot x_0 \cdot l_2}{2 \cdot U^2} \cdot 100 = \frac{73,94 \cdot 0,1 \cdot 31,5 \cdot 100}{2 \cdot 380^2} = 0,08 \%$$

$$\Delta U_{r_2} \% = \Delta U_{c12} \% - \Delta U_{x_2} \% = 1,25 - 0,08 = 1,17 \%$$

Tiết diện dây dẫn được xác định theo biểu thức

$$F_2 = \frac{P_{\text{tầng}} \cdot l_2 \cdot 10^5}{\gamma \cdot \Delta U_{r_2} \% \cdot U^2} = \frac{165,49 \cdot 31,5 \cdot 10^5}{54 \cdot 1,17 \cdot 380^2} = 28,59 \text{ mm}^2$$

Ta chọn dây cáp đồng XLPE -35 có tiết diện 35 mm^2 , $r_0 = 0,52$ và $x_0 = 0,08 \Omega/\text{km}$.

Hao tổn điện áp thực tế

$$\Delta U_2 = \frac{165,49 + 73,94 \cdot 0,08}{2 \cdot 380^2} \cdot 31,5 \cdot 100 = 1,01 < 1,25\%$$

So sánh 2 phương án:

- Phương án 1:

Tổng chiều dài của tất cả các nhánh dây lên các tầng là

$$\sum l_1 = 3,5 + 7 + 10,5 + 14 + 17,5 + 21 + 24,5 + 28 + 31,5 = 154 \text{ m}$$

Tổn thất điện năng trên các đoạn dây theo phương án 1

$$\Delta A_1 = \frac{P_{\tan \varphi}^2 + Q_{\tan \varphi}^2}{U^2} r_0 \cdot \sum l_1 \cdot \tau \cdot 10^{-3} = \frac{21,56^2 + 9,63^2}{0,38^2} \cdot 2 \cdot 154 \cdot 2181 \cdot 10^{-6} = 2373,77 \text{ kWh}$$

Chi phí do tổn thất

$$C_{\Delta A} = c_{\Delta} \cdot \Delta A_1 = 550 \cdot 2373,77 = 1,306 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

Suất vốn đầu tư của cáp XLPE-10 là $v_{01} = 46,76 \cdot 10^6 \text{ đ/km}$ (bảng 7.pl) [1]

Chi phí quy đổi theo phương án 1

$$Z_1 = p \cdot v_{01} \cdot l_{\Sigma} + C_{\Delta A} = 0,136 \cdot 46,76 \cdot 0,154 + 1,306 = 2,324 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

Tính toán tương tự cho phương án 2, kết quả ghi trong bảng 3.3 sau đây.

Bảng 3.3. Các chỉ tiêu kinh tế của 2 phương án đi dây đến các tầng

Phương án	l , m	$v_0 \cdot 10^6 \text{ đ}$	ΔA , kWh	$V \cdot 10^6 \text{ đ}$	$C \cdot 10^6 \text{ đ}$	$Z \cdot 10^6 \text{ đ}$
1	154	46,26	2373,77	7,124	1,306	2,274
2	31,5	79,24	3608,47	2,5	1,985	2,324

So sánh kết quả tính toán ta thấy về kỹ thuật cả 2 phương án đều đảm bảo yêu cầu của chất lượng điện, về kinh tế: tổng chi phí quy đổi của phương án 1 nhỏ hơn của phương án 2, do đó dây dẫn sẽ được chọn theo phương án 1.

2.3. Chọn dây dẫn cho mạch điện thang máy

Chiều dài đến thang máy xa nhất là 30 m, theo số tay thiết kế các thang máy có hệ số $\cos \varphi$ trung bình là 0,54 do đó công suất phản kháng của thang máy sẽ là

$$Q_{t.m} = P_{t.m} \cdot \tan \varphi = 6,26 \cdot 1,56 = 9,76 \text{ kVAR}$$

Xác định thành phần hao tổn điện áp phản kháng

$$\Delta U_{x3} \% = \frac{Q_{t.m} \cdot X_0 \cdot l_3}{U^2} \cdot 100 = \frac{9,76 \cdot 0,1 \cdot 30 \cdot 100}{380^2} = 0,02\%$$

Thành phần hao tổn điện áp tác dụng

$$\Delta U_{r3}\% = \Delta U_{cf3}\% - \Delta U_{x3}\% = 1,25 - 0,02 = 1,23\%;$$

Tiết diện dây dẫn

$$F_3 = \frac{P_{t,m} \cdot I_3 \cdot 10^5}{\gamma \cdot \Delta U_{r3}\% \cdot U^2} = \frac{6,26 \cdot 30 \cdot 10^5}{54 \cdot 1,23 \cdot 380^2} = 1,96 \text{ mm}^2$$

Chọn cáp hạ áp có tiết diện 4 mm² có r₀ = 5 và x₀ = 0,09 Ω/km

2.4. Chọn dây dẫn cho đường dây đến trạm bơm

Chiều dài từ tủ phân phối tổng đến trạm bơm là l₄ = 65 m. Xác định thành phần hao tổn điện áp phản kháng

$$\Delta U_{x4}\% = \frac{Q_b \cdot x_0 \cdot l_4}{U^2} \cdot 100 = \frac{2,5,56 \cdot 0,1 \cdot 65 \cdot 100}{380^2} = 0,05\%$$

Thành phần hao tổn điện áp tác dụng

$$\Delta U_{r4}\% = \Delta U_{cf4}\% - \Delta U_{x3}\% = 2 - 0,02 = 1,95\%;$$

Tiết diện dây dẫn

$$F_4 = \frac{P_b \cdot l_4 \cdot 10^5}{\gamma \cdot \Delta U_{r4}\% \cdot U^2} = \frac{2,6 \cdot 3,65 \cdot 10^5}{54 \cdot 1,95 \cdot 380^2} = 5,39 \text{ mm}^2$$

Chọn cáp hạ áp có tiết diện 6 mm².

2.5. Chọn tiết diện dây dẫn cho mạng điện chiếu sáng

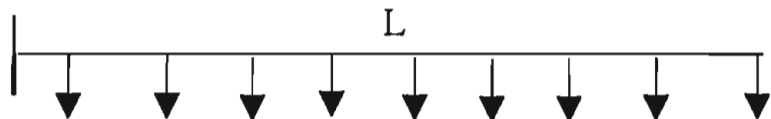
a. *Chiếu sáng trong nhà*: Do không có số liệu cụ thể nên tạm coi chiều dài của mạng điện chiếu sáng trong nhà bằng 4,5 lần chiều cao của chung cư, tức là

$$L_{cs,tr} = 4,5 \cdot 31,5 = 141,75 \text{ m}$$

Chọn hệ thống chiếu sáng trong nhà là mạng điện 1 pha 220 V (hình 3.3); hao tổn điện áp cho phép là ΔU_{cf} = 2,5%

Hình 3.3.

Sơ đồ mạng điện chiếu sáng trong nhà.



$$\text{Mômen tải } M = P_{cs} \cdot L_{cs,tr} / 2 = 7,875 \cdot 141,75 / 2 = 558,14 \text{ kW.m}$$

Tiết diện dây dẫn

$$F_{csl} = \frac{M}{C_1 \Delta U_{cp}} = \frac{558,14}{14 \cdot 2,5} = 15,95 \text{ mm}^2 \text{ ta chọn cáp đồng 2 lõi PVC-16;}$$

Hao tổn điện áp thực tế

$$\Delta U_{cs,lr} = \frac{M}{C_1 \cdot F_c} = \frac{558,14}{14 \cdot 16} = 2,49\% < 2,5\%$$

$$C_1 = 14 \text{ (bảng 4.pl.BT)}$$

b. Mạng điện chiếu sáng ngoài trời được bố trí như hình 3.4 chiều dài đoạn OA là 36 m, đoạn AB có $l_2 = 150$ m và đoạn AC có $l_3 = 200$ m. Suất phụ tải trên một đơn vị chiều dài là $p_0 = 0,03 \text{ kW/m}$, hao tổn điện áp cho phép là $\Delta U_{cp} = 2,5\%$. Các đoạn dây trên đường trực từ nguồn O đến điểm B được xây dựng với 4 dây dẫn, các nhánh rẽ AC thuộc loại 2 pha có dây trung tính.

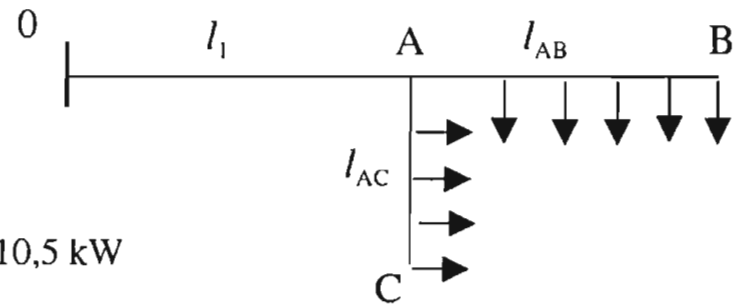
Công suất tính toán chạy trên các đoạn dây

$$P_{AB} = p_0 \cdot l_2 = 0,03 \cdot 150 = 4,5 \text{ kW}$$

$$P_{AC} = p_0 \cdot l_3 = 0,03 \cdot 200 = 6 \text{ kW}$$

Hình 3.4.

Sơ đồ mạng điện chiếu sáng ngoài trời.



$$P_{OA} = P_{AB} + P_{AC} = 4,5 + 6 = 10,5 \text{ kW}$$

Mômen tải của các đoạn dây

$$M_{OA} = P_{OA} \cdot l_1 = 10,5 \cdot 36 = 378 \text{ kWm}$$

$$M_{AB} = P_{AB} \cdot l_{AB}/2 = 4,5 \cdot 125/2 = 337,5 \text{ kWm}$$

$$M_{AC} = P_{AC} \cdot l_{AC}/2 = 6 \cdot 200/2 = 600 \text{ kWm}$$

Tra bảng 4.pl.BT. ta tìm được hệ số $C = 83$ và bảng 5.pl.BT cho $\alpha = 1,39$.

Xác định mômen quy đổi

$$M_{qd} = M_{OA} + \alpha (M_{AB} + M_{AC}) = 378 + 1,39 \cdot (337,5 + 600) = 1681,13 \text{ kWm}$$

Tiết diện dây dẫn trên đoạn dây đầu

$$F_{OA} = \frac{M_{qd}}{C \Delta U_{cp}} = \frac{1681,13}{83 \cdot 1,5} = 13,5 \text{ mm}^2, \text{ ta chọn cáp đồng loại PVC-16.}$$

Hao tổn điện áp thực tế trên đoạn OA

$$\Delta U_{OA} = \frac{1681,13}{83 \cdot 16} = 1,27\%$$

Hao tổn điện áp trên các đoạn còn lại

$$\Delta U_{AB} = \Delta U_{AC} = \Delta U_{cp} - \Delta U_{OA} = 2,5 - 1,27 = 1,23\%$$

Tiết diện dây dẫn các đoạn

$$F_{ab} = \frac{337,5}{37,1,23} = 7,39 \text{ mm}^2 \text{ chọn cáp PVC-10}$$

$$F_{ac} = \frac{600}{37,1,23} = 13,14 \text{ mm}^2 \text{ chọn PVC-16 (C = 37, theo bảng 4.pl.BT)}$$

Hao tổn điện áp thực tế trên đoạn AB

$$\Delta U_{ab} = \frac{337,5}{37,10} = 0,91 \%$$

$$\Delta U_{ac} = \frac{600}{37,16} = 1,01 \%$$

Tổng hao tổn điện áp thực tế trong mạch chiếu sáng

$$\Delta U_{cs} = \Delta U_{OA} + \Delta U_{AC} = 1,27 + 1,01 = 2,28 < 2,5\%$$

Vậy dây dẫn được chọn đáp ứng yêu cầu kỹ thuật.

Kết quả tính chọn dây dẫn được thể hiện trong bảng 3.4.

Bảng 3.4. Kết quả tính chọn dây dẫn

Đoạn	l, m	P, kW	Q	$\Delta U_{cr} \%$	$\Delta U_x \%$	$\Delta U_r \%$	F_u, mm^2	F_c	$\Delta U_u \%$
dây chính	55	186,71	94,31	2	0,036	1,64	80,26	95	1,64
lên tầng	31,5	21,56	9,63	1,25	0,021	1,229	6,94	10	0,96
thang máy	30	6,26	9,76	1,25	0,02	1,23	1,96	4	0,67
trạm bơm	65	11,12	11,11	2,5	0,05	1,95	5,9	6	1,71
cs.trong nhà	141,5	7,875		2,5			15,95	16	2,49
cs.n.trời OA	36	10,5		2,5			13,7	16	1,27
AB	150	4,5		1,23			7,29	10	0,91
AC	200	6		1,23			13,14	16	1,01

3. TÍNH TOÁN TỔN THẤT ĐIỆN NĂNG TRONG MẠNG ĐIỆN

Hao tổn công suất trên đoạn dây từ trạm biến áp đến tủ phân phối tổng

$$\Delta P_l = \frac{P_\Sigma^2 + Q_\Sigma^2}{U^2} r_0 \cdot l_1 \cdot 10^{-6} = \frac{186,71^2 + 94,3^2}{0,38^2} 0,19 \cdot 55 \cdot 10^{-6} = 3,167 \text{ kW}$$

$$\Delta Q_l = \frac{P_\Sigma^2 + Q_\Sigma^2}{U^2} r_0 \cdot l_1 \cdot 10^{-6} = \frac{186,71^2 + 94,3^2}{0,38^2} 0,08 \cdot 55 \cdot 10^{-6} = 1,333 \text{ kVAr};$$

Thời gian hao tổn cực đại

$$\tau = (0,124 + T_M \cdot 10^{-4})^2 8760 = (0,124 + 3750 \cdot 10^{-4})^2 8760 = 2181 \text{ h}$$

Tổn thất điện năng trên đoạn dây từ trạm biến áp đến tủ phân phối tổng

$$\Delta A_1 = \frac{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}{U^2} r_0 \cdot l_1 \cdot \tau \cdot 10^{-3} = \frac{186,71^2 + 94,3^2}{0,38^2} 0,19 \cdot 55 \cdot 2181 \cdot 10^{-6} = 6906,317 \text{ kWh}$$

Tính toán tương tự cho các đoạn khác, kết quả ghi trong bảng 3.5.

(Chú ý đối với đường dây chiếu sáng có phụ tải phân bố đều thì tổn thất bằng 1 phần 3 so với đường dây có phụ tải tập trung).

Tổn thất trong mạng chiếu sáng trong nhà: Do mạng điện chiếu sáng là một pha và có phụ tải phân bố đều nên tổn thất điện năng được xác định theo biểu thức

$$\Delta A_{cs.tr.n} = \frac{2.P^2}{3.U_{\ddot{u}}^2} r_0 \cdot L_{cs.tr.n} \cdot \tau = \frac{2.7,875^2}{3.0,22^2} 1.25 \cdot 141,75 \cdot 2181 \cdot 10^{-6} = 330,11 \text{ kWh}$$

Bảng 3.5. Kết quả tính toán tổn thất trong mạng điện

TT	Đoạn dây	l , m	P, kW	Q, kVAr	r_0 , Ω/km	x_0	ΔP , kW	ΔQ , kVAr	ΔA , kWh
1	Đ.trục	55	186,7144	94,30886	0,19	0,08	3,167	1,333	6906,317
2	tầng 9	31,5	21,56235	9,634795	1,83	0,109	0,223	0,013	485,6248
3	8	28	21,56	9,634	1,83	0,109	0,198	0,012	431,5761
4	7	24,5	21,56	9,634	1,83	0,109	0,173	0,010	377,6291
5	6	21	21,56	9,634	1,83	0,109	0,148	0,009	323,6821
6	5	17,5	21,56	9,634	1,83	0,109	0,124	0,007	269,7351
7	4	14	21,56	9,634	1,83	0,109	0,099	0,006	215,7881
8	3	10,5	21,56	9,634	1,83	0,109	0,074	0,004	161,841
9	2	7	21,56	9,634	1,83	0,109	0,049	0,003	107,894
10	Tm 4	30	6,26	9,76	5	0,09	0,140	0,003	304,5638
11	3	20	6,26	9,77	5	0,09	0,093	0,002	203,2295
12	2	10	6,26	9,77	5	0,09	0,047	0,001	101,6148
13	T.bơm	65	11,12	11,11	3,33	0,09	0,371	0,010	808,2179
14	Cs.t.nhà	141,75	7,875		1,25	0,07	0,034	0,002	330,11
15	Cs.ngoài	36	10,5	0	1,25	0,08	0,042	0,002	74,93412
16	nh. c.s 1	150	4,5	0	2	0,07	0,062	0,003	91,75606
17	nh. c.s 2	200	6	0	1,25	0,07	0,076	0,004	135,9349
Σ							5,120	1,425	11330,44

Tổng hao tổn công suất trong mạng điện $\Delta P_{\Sigma} = 5,12\text{kW}$ và $\Delta Q_{\Sigma} = 1,425\text{ kVAr}$

Tổng tổn thất điện năng trong tất cả các đoạn dây là $\Delta A_{\Sigma d} = 11330,44\text{kWh}$

Tổn thất trong máy biến áp $\Delta A_{\Sigma BA} = 8067,89\text{ kWh}$ (kết quả tính toán ở năm cuối chu kỳ tính toán của phương án 1, Bảng 3.2)

$$\Delta A_{\Sigma} = \Delta A_{\Sigma d} + \Delta A_{\Sigma BA} = 11330,44 + 8067,89 = 19398,33\text{kWh}$$

Tổng điện năng tiêu thụ trong năm

$$A = P_{\Sigma} \cdot T_M = 186,71 \cdot 3750 = 700179\text{ kWh}$$

Tỷ lệ tổn thất điện năng

$$\Delta A \% = \frac{\Delta A_{\Sigma}}{A} 100 = \frac{19398,33}{700179} 100 = 2,77$$

4. CHỌN MÁY BIẾN ÁP

Phụ tải của chung cư cao tầng được coi là loại II, suất thiệt hại do mất điện là $g_{th} = 1500\text{ đ/kWh}$ (bảng 11.22.b)[1] .

Tổng công suất tính toán của toàn chung cư có kể đến tổn thất là

$$S_{ti} = S + \Delta S = P + \Delta P_{\Sigma} + j(Q + \Delta Q_{\Sigma}) = (186,71 + 5,12) + j(94,3 + 1,425) = 214,39\text{ kVA}$$

Căn cứ vào kết quả tính toán phụ tải S_{ti} ta chọn công suất và số lượng máy biến áp 10/0,4 kV theo 3 phương án sau:

PA1: dùng 2 máy 2x100 kVA;

PA2: dùng 1 máy 180 kVA và

PA3 dùng 1 máy 250 kVA.

Các tham số của máy biến áp do ABB sản xuất tra trong sổ tay thiết kế, được thể hiện trong bảng 3.6 sau.

Bảng 3.6. Các tham số của máy biến áp

S_{BA} , kVA	ΔP_{0} , kW	ΔP_k , kW	Vốn đầu tư, 10^6 VND
2x100	0,32	2,05	111,95
180	0,534	3,15	81,6
250	0,64	4,1	99,1

Dưới góc độ kỹ thuật, các phương án không ngang nhau về độ tin cậy cung cấp điện: Đối với phương án 1, khi có sự cố ở một trong hai máy biến áp, máy còn lại sẽ phải gánh một phần phụ tải, còn ở phương án 2 và 3 sẽ phải ngừng cung cấp điện cho các hộ tiêu thụ khi có sự cố trong máy biến áp. Để đảm bảo sự tương đồng về kỹ thuật của các phương án cần phải xét đến thành phần thiệt hại do mất điện khi có sự cố xảy ra ở 1 trong các máy biến áp.

a. Phương án 1:

Trước hết cần kiểm tra khả năng làm việc quá tải của máy biến áp

Hệ số điền kín đồ thị có thể xác định theo biểu thức

$$k_{dk} = \frac{P_{tb}}{P_M} = \frac{T_M}{8760} = \frac{3750}{8760} = 0,43 < 0,75$$

Như vậy máy biến áp có khả năng chịu được quá tải 40% trong thời gian xảy ra sự cố.

Trước hết ta xác định phụ tải tính toán của toàn chung cư qua các năm theo biểu thức:

$$S_1 = (P_{sh1} + \Delta P_{dl\&cs}) / \cos\varphi = (k_{dt}^d \cdot n \cdot P_{0i} \cdot t + \Delta P_{dl\&cs}) / \cos\varphi$$

Phụ tải của các năm xác định theo biểu thức:

$$S_1 = [k_{dt}^d \cdot n \cdot p_0(1 + \alpha \cdot t) + \Delta P_{dl\&cs}] / \cos\varphi;$$

Năm thứ nhất: $S_1 = [0,766 \cdot 108 \cdot 1,38(1 + 0,03 \cdot 1) + 21,23] / 0,89 = 155,98 \text{ kVA}$

Để đảm bảo máy biến áp không quá tải 40% so với giá trị định mức khi có sự cố 1 trong 2 máy biến áp cần phải cắt bớt 1 lượng công suất là

$$S_{th1} = S_{11} - 1,4 \cdot S_{BA} = 155,98 - 1,4 \cdot 100 = 15,98 \text{ kVA}$$

Thiệt hại do mất điện

$$Y_1 = S_{th1} \cdot \cos\varphi \cdot t_f \cdot g_{th} = 15,98 \cdot 0,89 \cdot 24 \cdot 1,5 = 0,525 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

Xác định tổn thất điện năng trong các máy biến áp:

Năm thứ nhất:

$$\begin{aligned} \Delta A_{1-1} &= n_{BA} \cdot \Delta P_0 \cdot t + \frac{\Delta P_k}{2} \cdot \tau \cdot \left(\frac{S}{S_{nBA}}\right)^2 = 2 \cdot 0,32 \cdot 8760 + \frac{2,05}{2} \cdot \left(\frac{155,98}{100}\right)^2 \cdot 2181 = \\ &= 6966,25 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\tau = (0,124 + T_M \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0,124 + 3750 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 2181 \text{ h}$$

Chi phí tổn thất ở năm thứ nhất:

$$C_1 = c_{\Delta} \cdot \Delta A_{1-1} = 550 \cdot 6966,25 = 3,831 \cdot 10^6 \text{ đ/năm}$$

Tổng chi phí ở năm thứ nhất

$$C_{\Sigma 1} = Y_1 + C_1 = (0,525 + 3,831) \cdot 10^6 = 4,357 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

Giá trị tổng chi phí quy về hiện tại PVC được xác định theo biểu thức

$$PVC = \sum_{i=0}^T C_{\Sigma i} \beta^i \rightarrow \min$$

với

$$\beta = \frac{1}{1+i} = \frac{1}{1+0,1} = 0,91;$$

$$C_{\Sigma i} \beta^i = 4,357 \cdot 10^6 \cdot 0,91 = 4,085 \cdot 10^6 \text{ đ.}$$

Tính toán tương tự cho các năm và các phương án, kết quả ghi trong bảng 3.7.

Bảng 3.7. Kết quả tính toán các chỉ tiêu so sánh các phương án.

Phương án I: Dùng hai máy biến áp 2 x 100 kVA

tt	S, kVA	S _{sc} , kVA	ΔA, kWh	Y.10 ⁶ đ	C. 10 ⁶ ,	C _Σ	β ⁱ	C _Σ . β ⁱ
0	0,00		0	0		111,95	1	111,95
1	159,19	19,19	7022,90	0,631	3,863	4,493	0,909	4,085
2	164,40	24,40	7117,06	0,802	3,914	4,716	0,826	3,898
3	169,60	29,60	7214,23	0,973	3,968	4,941	0,751	3,712
4	174,81	34,81	7314,44	1,144	4,023	5,167	0,683	3,529
5	180,01	40,01	7417,68	1,315	4,080	5,395	0,621	3,350
6	185,22	45,22	7523,94	1,486	4,138	5,624	0,564	3,175
7	190,43	50,43	7633,24	1,657	4,198	5,856	0,513	3,005
8	195,63	55,63	7745,56	1,828	4,260	6,089	0,467	2,840
9	200,84	60,84	7860,91	2,000	4,324	6,323	0,424	2,682
10	206,04	66,04	7979,29	2,171	4,389	6,559	0,386	2,529
11	211,25	71,25	8100,70	2,342	4,455	6,797	0,350	2,382
12	216,45	76,45	8225,14	2,513	4,524	7,037	0,319	2,242
13	221,66	81,66	8352,61	2,684	4,594	7,278	0,290	2,108
14	226,86	86,86	8483,11	2,855	4,666	7,521	0,263	1,980
15	232,07	92,07	8616,63	3,026	4,739	7,765	0,239	1,859
			116607,46	27,427	64,134	91,561		155,326

Phương án II: Một máy biến áp 1x180 kVA

tt	S, kVA	S _{sc} , kVA	ΔA, kWh	Y.10 ⁶ đ	C. 10 ⁶ ,	C _Σ	β ⁱ	C _Σ . β ⁱ
0	0,00	0,00	0,00	0,000		81,600	1,000	81,600
1	159,19	159,19	10052,11	5,232	5,529	10,761	0,909	9,783
2	164,40	164,40	10409,32	5,403	5,725	11,129	0,826	9,197
3	169,60	169,60	10778,02	5,575	5,928	11,502	0,751	8,642
4	174,81	174,81	11158,21	5,746	6,137	11,883	0,683	8,116

Phương án II (tiếp theo)

5	180,01	180,01	11549,90	5,917	6,352	12,269	0,621	7,618
6	185,22	185,22	11953,07	6,088	6,574	12,662	0,564	7,147
7	190,43	190,43	12367,74	6,259	6,802	13,061	0,513	6,702
8	195,63	195,63	12793,89	6,430	7,037	13,467	0,467	6,282
9	200,84	200,84	13231,55	6,601	7,277	13,878	0,424	5,886
10	206,04	206,04	13680,68	6,772	7,524	14,297	0,386	5,512
11	211,25	211,25	14141,32	6,943	7,778	14,721	0,350	5,160
12	216,45	216,45	14613,45	7,114	8,037	15,152	0,319	4,828
13	221,66	221,66	15097,07	7,285	8,303	15,589	0,290	4,516
14	226,86	226,86	15592,19	7,457	8,576	16,032	0,263	4,222
15	232,07	232,07	16098,78	7,628	8,854	16,482	0,239	3,946
			193517,30	96,450				179,156

Phương án III: Một máy biến áp 1x250 kVA

tt	S, kVA	S _{sc} , kVA	ΔA, kWh	Y.10 ⁶ đ	C. 10 ⁶ .	C _Σ	β'	C _Σ . β'
0	0,00	0,00				90,100	1,000	90,100
1	159,19	159,19	9232,65	5,232	5,078	10,310	0,909	9,373
2	164,40	164,40	9473,68	5,403	5,211	10,614	0,826	8,772
3	169,60	169,60	9722,45	5,575	5,347	10,922	0,751	8,206
4	174,81	174,81	9978,98	5,746	5,488	11,234	0,683	7,673
5	180,01	180,01	10243,27	5,917	5,634	11,551	0,621	7,172
6	185,22	185,22	10515,31	6,088	5,783	11,871	0,564	6,701
7	190,43	190,43	10795,10	6,259	5,937	12,196	0,513	6,259
8	195,63	195,63	11082,65	6,430	6,095	12,525	0,467	5,843
9	200,84	200,84	11377,95	6,601	6,258	12,859	0,424	5,453
10	206,04	206,04	11681,00	6,772	6,425	13,197	0,386	5,088
11	211,25	211,25	11991,82	6,943	6,595	13,539	0,350	4,745
12	216,45	216,45	12310,39	7,114	6,771	13,885	0,319	4,424
13	221,66	221,66	12636,70	7,285	6,950	14,236	0,290	4,124
14	226,86	226,86	12970,78	7,457	7,134	14,590	0,263	3,842
15	232,07	232,07	13312,60	7,628	7,322	14,950	0,239	3,579
			167325,33	96,450				181,354

Bảng 3.8. Kết quả tổng hợp của các phương án chọn máy biến áp

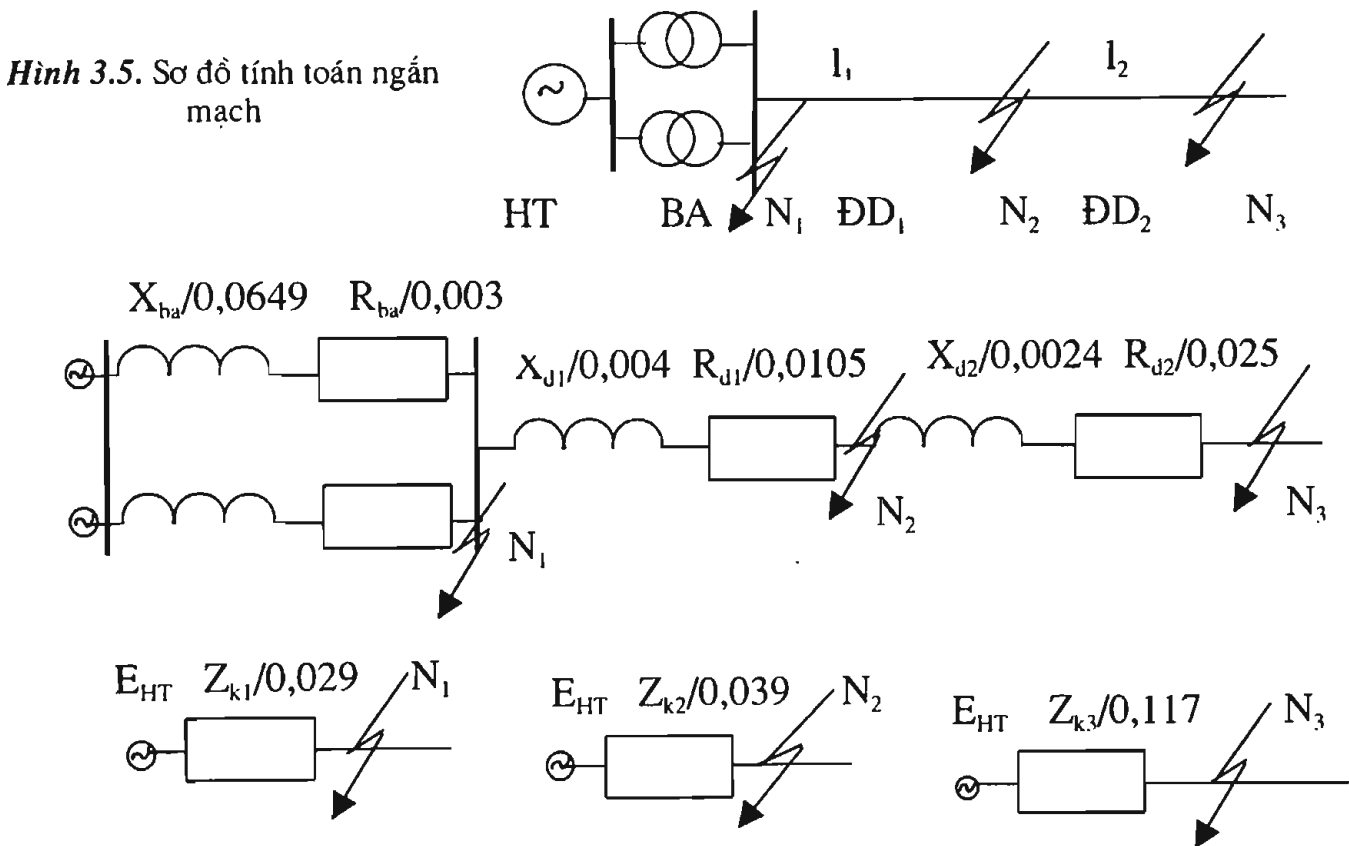
Tham số	Phương án 1	Phương án 2	Phương án 3
Vốn đầu tư V, 10 ⁶ đ	196,60	138,60	145,90
ΔA kWh	116607,46	193517,3	167325,33
Thiệt hại Y, 10 ⁶ đ	27,427	96,450	96,450
PVC, 10 ⁶ đ	155,326	179,156	181,354

Từ kết quả tính toán ở bảng 3.8, ta thấy phương án 1 có PVC nhỏ nhất, nên đó chính là phương án tối ưu cần xác định. Tóm lại ta chọn trạm biến áp gồm 2 máy 100 kVA loại TM.100/10.

5. CHỌN THIẾT BỊ BẢO VỆ

5.1. Tính toán ngắn mạch trong mạng điện hạ áp

Coi hệ thống có công suất vô cùng lớn ($X_{ht} = 0$); Bỏ qua điện trở của các thiết bị phụ. Máy biến áp có các thông số: $S_{ba} = 100 \text{ kVA}$; $\Delta P_k = 2,05 \text{ kW}$; $U_k = 4\%$.



Hình 3.6. Sơ đồ thay thế tính toán trong hệ đơn vị có tên.

Thiết lập sơ đồ thay thế tính toán:

Xác định điện trở của các phần tử, tính trong hệ đơn vị có tên; Chọn điện áp cơ bản $U_{cb} = 0,38 \text{ kV}$.

Xác định điện trở của các phần tử:

$$Z_{BA} = \frac{U_k U_{cb}^2}{100 S_{BA}} = \frac{4,5 \cdot 0,38^2}{100 \cdot 0,1} = 0,065 \Omega$$

$$R_{BA} = \frac{\Delta P_k U_{cb}^2}{S_{BA}^2} = \frac{2,05 \cdot 0,38^2}{0,1^2 \cdot 10^3} = 0,003 \Omega$$

$$X_{BA} = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = \sqrt{0,065^2 - 0,003^2} = 0,0649$$

$$R_{d1} = r_{01}l_1 = 0,19 \cdot 0,055 = 0,0105$$

$$X_{d1} = x_{01}l_1 = 0,08 \cdot 0,055 = 0,004$$

$$R_{d2} = r_{02}l_2 = 1,83 \cdot 0,0315 = 0,025$$

$$X_{d2} = x_{02}l_2 = 0,109 \cdot 0,0315 = 0,0024$$

Điện trở ngắn mạch tại điểm N_1

$$Z_{k1} = Z_{BA}/2 = 0,065/2 = 0,0325$$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm N_1

$$\text{Dòng điện ngắn mạch 3 pha } I_{k1}^{(3)} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}Z_{k1}} = \frac{0,38}{\sqrt{3} \cdot 0,0325} = 6,753 \text{ kA}$$

$$\text{Dòng xung kích: } i_{xk1} = k_{xk} \sqrt{2} I_{k1}^{(3)} = 1,2 \cdot \sqrt{2} \cdot 6,753 = 11,46 \text{ kA}$$

$$\text{Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích } I_{xk1} = 1,09 \cdot 6,753 = 7,36 \text{ kA}$$

$$\text{Công suất ngắn mạch } S_k = \sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 7,597 = 5 \text{ MVA};$$

Tính toán tương tự cho các điểm N_2 và N_3 , kết quả ghi trong bảng 3.9.

Bảng 3.9. Kết quả tính toán ngắn mạch

Điểm ngắn mạch	Z_k	$I_k^{(3)}$, kA	i_{ck} , kA	I_{xk} , kA	S_k , MVA
N_1	0,029	6,753	11,46	7,36	4,44
N_2	0,039	5,66	9,61	6,17	3,73
N_3	0,117	1,87	3,173	2,038	1,23

Tính toán ngắn mạch một pha tại điểm N_3 .

Điện trở dây trung tính lấy bằng điện trở dây pha.

Điện trở thứ tự không của máy biến áp:

$$X_{0BA} = 0,65 \cdot \frac{U_{cb}^2}{S_{BA}} = 0,65 \cdot \frac{0,38^2}{0,1} = 0,94 \Omega$$

Tổng trở ngắn mạch một pha được xác định như sau:

Tại điểm N_1

$$Z_{\Sigma 1}^{(1)} = \sqrt{(3R_{BA}/2)^2 + ((2X_{BA} + X_{0BA})/2)^2}$$

$$Z_{\Sigma 1} = \sqrt{(3 \cdot 0,003/2)^2 + (2 \cdot (0,0649 + 0,94)/2)^2} = 0,534 \Omega$$

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{(3R_{BA}/2 + 6(R_{d1} + R_{d2}))^2 + ((2X_{BA} + X_{0BA})/2 + 7(X_{d1} + X_{d2}))^2}$$

$$Z_{\Sigma 1} = \sqrt{(3,0003/2 + 6 \cdot (0,0105 + 0,025)^2 + (2 \cdot (0,0649 + 0,94)/2 + 7 \cdot (0,004 + 0,0024))^2} = 0,719 \Omega$$

Hay $Z_{\Sigma 1} = 0,719 \Omega$

Dòng ngắn mạch một pha tại các điểm N_1 và N_3

$$I_{k1}^{(1)} = \frac{3 \cdot U_f}{Z_{\Sigma 1}} = \frac{3 \cdot 0,22}{0,534} = 1,232 \text{ kA}$$

$$I_{k3}^{(1)} = \frac{3 \cdot 0,95 \cdot U_f}{Z_{\Sigma 1}} = \frac{3 \cdot 0,95 \cdot 0,22}{0,719} = 0,869 \text{ kA} = 869 \text{ A.}$$

5.2. Chọn thiết bị phân phối cao áp

Để chọn và kiểm tra thiết bị điện ta giả thiết thời gian cắt của bảo vệ là $t_k = 0,5s$.

5.2.1. Cầu chảy cao áp

Dòng điện làm việc bình thường phía cao áp

$$I_v = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{205,55}{\sqrt{3} \cdot 10} = 11,87 \text{ A}$$

Ta chọn cầu chảy cao áp loại ПК do Liên bang Nga chế tạo có $U_n = 10 \text{ kV}$, dòng định mức $I_n = 16 \text{ A}$; (bảng 30.pl)[1].

5.2.2. Dao cách ly

Căn cứ vào dòng điện làm việc ta chọn dao cách ly PB-10/400 (bảng 26.pl) [1] (hoặc loại 3DC do SIEMENS chế tạo).

5.2.3. Chống sét

Chọn chống sét van loại RA10 do Pháp sản xuất (bảng 35.pl.)[1], hoặc loại AZLP501B.12 do hãng Cooper Mỹ chế tạo).

5.3. Chọn thiết bị phân phối phía hạ áp

5.3.1. Chọn thanh cái

Dòng làm việc chạy qua thanh cái

$$I_{\Sigma} = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{205,55}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 312,3 \text{ A}$$

Thanh cái dẹt bằng đồng tiết diện

$$F_{tc} = \frac{I}{j_{kt}} = \frac{312,3}{2,1} = 148,71 \text{ mm}^2$$

$j_{kt} = 2,1$ (bảng 9pl.BT) Ta chọn thanh cái $50 \times 5 = 250 \text{ mm}^2$.

Thanh cái được kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt theo điều kiện

$$F_{\min.tc} = \frac{I_{kt}^{(3)} \cdot \sqrt{t_k}}{C_1} = \frac{6,753 \cdot \sqrt{0,5}}{159} \cdot 10^3 = 30,03 \text{ mm}^2 < F_c = 250 \text{ mm}^2$$

Thanh cái đạt yêu cầu về ổn định nhiệt.

Kiểm tra ổn định động: Chọn khoảng vượt của thanh cái là $l = 130 \text{ cm}$, khoảng cách giữa các pha là $a = 60 \text{ cm}$;

Mômen uốn:

$$M = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{l^2 i_{ixkl}^2}{10 \cdot a} = 1,76 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{130^2 \cdot 11,46^2}{10 \cdot 60} = 65,1 \text{ kG.cm}$$

Mômen chống uốn: $W = 0,167b^2h = 0,167 \cdot 0,5^2 \cdot 5 = 0,21 \text{ cm}^3$

$$\text{Ứng suất: } \sigma_{tt} = \frac{M}{W} = \frac{65,1}{0,21} = 311,86 \text{ kG/cm}^2 < \sigma_{cp} = 1400 \text{ kG/cm}^2$$

Vậy điều kiện ổn định động đảm bảo.

5.3.2. Chọn sứ cách điện

Ta chọn sứ OΦ-10-375 có $U = 10 \text{ kV}$; lực phá huỷ $F_{ph} = 375 \text{ kG}$

Lực cho phép trên đầu sứ là $F_{cp} = 0,6 F_{ph} = 0,6 \cdot 375 = 225 \text{ kG}$

$$\text{Lực tính toán } F_{tt} = 1,76 \cdot 10^{-8} \cdot l \frac{i_{ixkl}^2}{a} = 1,76 \cdot 10^{-2} \cdot 130 \cdot \frac{11,46^2}{60} = 5,08 \text{ kG}$$

Hệ số hiệu chỉnh $k = H'/H = 17,5/15 = 1,17$

Lực tính toán hiệu chỉnh $kF_{tt} = 1,17 \cdot 5,08 = 5,86 < F_{cp} = 225 \text{ kG}$. Vậy sứ chọn đảm bảo.

5.3.3. Cáp điện lực

Cáp được chọn theo điều kiện hao tổn điện áp cho phép như đã trình bày ở phần trên.

Kiểm tra ổn định nhiệt của cáp đã chọn

$$F_{\min} = \frac{I_{k2}^{(3)} \cdot \sqrt{t_k}}{C_1} = \frac{5,66 \cdot \sqrt{0,5}}{159} \cdot 10^3 = 25,19 \text{ mm}^2 < F_c = 95 \text{ mm}^2$$

Coi thời gian tồn tại ngắn mạch $t_k = 0,5 \text{ s}$ với cáp đồng $C_1 = 159$ (bảng 8.pl.BT)

Vậy cáp đã chọn đảm bảo điều kiện ổn định nhiệt

$$F_{\min 2} = \frac{I_{k3}^{(3)} \cdot \sqrt{t_k}}{C_t} = \frac{1,87 \cdot \sqrt{0,5}}{159} \cdot 10^3 = 8,3 \text{ mm}^2 < F_c = 10 \text{ mm}^2$$

Vậy cáp đã chọn đảm bảo điều kiện ổn định nhiệt,

5.3.4. Chọn aptômat

Dự định bố trí các aptômat bảo vệ cho các mạch (trên sơ đồ hình 3.1):

Aptômat A0 bảo vệ lộ tổng.

Aptômat A1 bảo vệ mạch điện sinh hoạt.

Aptômat A2 bảo vệ mạch động lực.

Aptômat A3 bảo vệ trạm bơm.

Aptômat A4 bảo vệ cho mỗi mạch gồm 2 thang máy.

Aptômat A5 bảo vệ cho mỗi mạch gồm 2 tầng.

Aptômat A6 bảo vệ cho mạch điện của mỗi tầng.

Aptômat A7 bảo vệ cho mỗi mạch chiếu sáng.

Bảo vệ lộ tổng: căn cứ vào dòng làm việc lớn nhất đã xác định ở trên $I_{\Sigma} = 312,3 \text{ A}$ ta chọn aptômat loại SA403-H của Nhật với dòng điện định mức là 350 A (bảng 31.pl) [1].

Bảo vệ mạch điện sinh hoạt.

Dòng điện làm việc lớn nhất của mạng điện sinh hoạt

$$I_{cs} = \frac{P_{sh}}{\cos \varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U} = \frac{162,17}{0,913 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,38} = 269,88 \text{ A}$$

Ta chọn aptômat SA403-H của Nhật với dòng điện định mức là 300 A (bảng 31.pl) [1];

Bảo vệ mạch động lực: Mạch động lực gồm 4 động cơ thang máy và 2 động cơ trạm bơm. Trước hết ta xác định dòng định mức của các máy:

$$\text{- Thang máy: } I_{t,m} = \frac{P_{t,m}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi_{t,m}} = \frac{7}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,54} = 19,69 \text{ A;}$$

Dòng định mức quy về chế độ làm việc dài hạn

$$I'_{t,m} = \frac{P'_{t,m}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi_{t,m}} = \frac{6,28}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,54} = 17,62 \text{ A}$$

$$\text{- Máy bơm: } I_b = \frac{P_b}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi_b} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,75} = 12,76 \text{ A}$$

Dòng khởi động của aptômat được xác định theo biểu thức

$$I_{kd} \geq \frac{I_{mm.Max}}{\alpha} + \sum_1^{n-1} I_{ni} = \frac{I_{mm.Max}}{\alpha} + (3 \cdot I'_{tm} + 2 \cdot I_b) = \\ = \frac{88,63}{2} + (3 \cdot 17,62 + 2 \cdot 12,76) = 122,69 \text{ A}$$

Dòng mở máy của động cơ lớn nhất

$$I_{mmMax} = k_{mm} \cdot I_{n.Max} = 4,5 \cdot 19,69 = 88,63$$

$\alpha = 2$ (làm việc ngắn hạn, bảng 12.pl.BT);

Dòng khởi động cắt nhanh của aptômat phải thoả mãn điều kiện

$$I_{kd.cn} \geq 1,25 \cdot I_{mm} = 1,25 \cdot 88,63 = 110,78 \text{ A}$$

Ta chọn aptômat loại EA103G có dòng định mức 125 A

Trạm bơm

$$I_{kdb} \geq \frac{I_{mm.b}}{\alpha_b} + I_b = \frac{k_{mm} \cdot I_b}{\alpha_b} + I_b = \frac{4,5 \cdot 12,76}{2,5} + 12,76 = 35,73 \text{ A}$$

Dòng khởi động cắt nhanh

$$I_{kd.cn} \geq 1,25 \cdot I_{mm.b} = 1,25 \cdot 4,5 \cdot 12,76 = 71,79 \text{ A}$$

Chọn aptômat loại EA103G với dòng định mức là 75 A.

Chọn khởi động từ cho thang máy và trạm bơm theo dòng điện làm việc tương tự như đối với aptômat, ta chọn khởi động từ loại ПМЕ-211 do Nga sản xuất.

Tính toán tương tự cho các mạch khác, kết quả ghi trong bảng 3.10.

Bảng 3.10. Kết quả tính chọn thiết bị bảo vệ

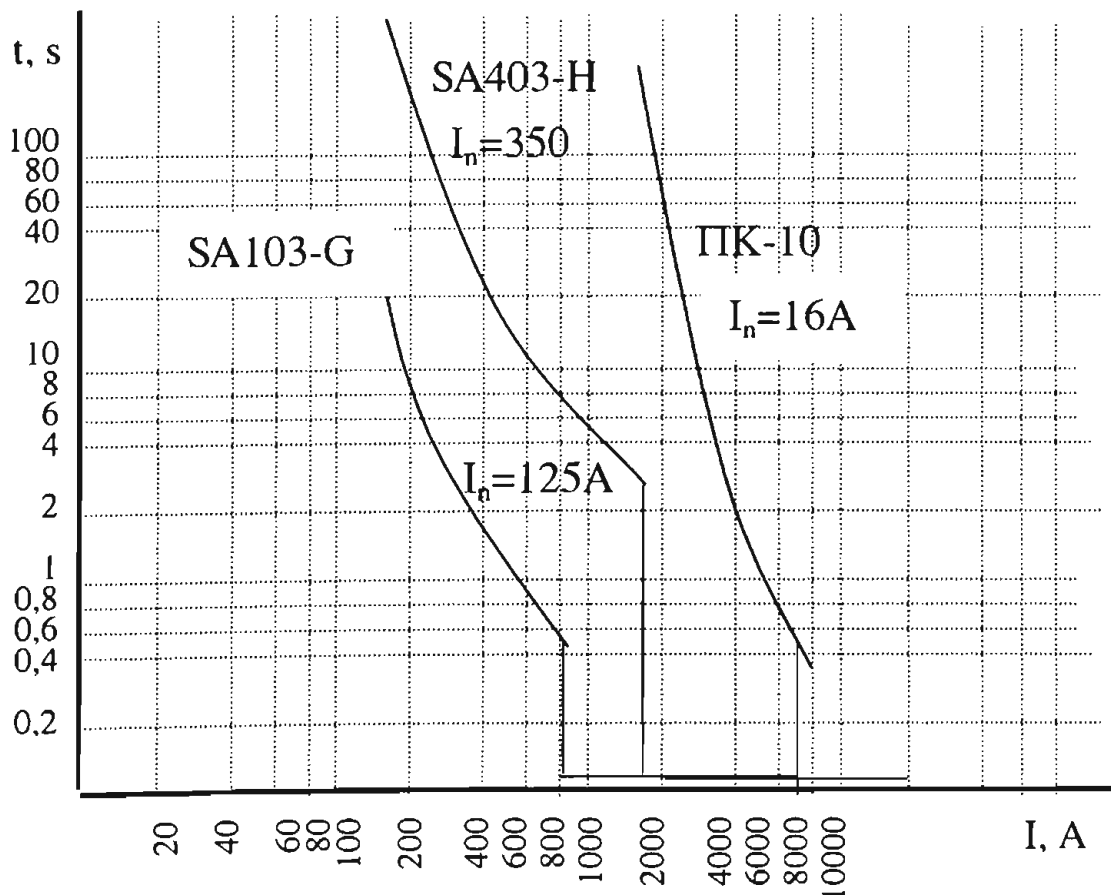
Mạch bảo vệ	Ký hiệu	Số lượng	Loại aptômat	Dòng điện khởi động, A	
				Tính toán	Định mức
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Lộ tổng	A0	1	SA403-H	312,3	350
Sinh hoạt	A1	1	SA403-H	270	300
Động lực	A2	1	EA103G	118	125
Trạm bơm	A3	1	EA103G	71,79	75
Thang máy	A4	2	EA103G	110,78	125

Bảng 3.10. (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Nhánh lên tầng	A5	4	EA103G	70,33	75
Tầng	A6	9	EA52G	35,16	40
Chiếu sáng	A7	2	EA52G	15,95	20
Khởi động từ thang máy		4	ΠME-211	17,62	25
Khởi động từ máy bơm		2	ΠME-211	12,76	25

Phối hợp bảo vệ giữa aptômat và cầu chảy

Các thiết bị bảo vệ được chọn sao cho có sự kết hợp bảo vệ chọn lọc tốt nhất, muốn vậy cần dựa vào các đặc tính bảo vệ của các thiết bị lựa chọn. Ta xây dựng các đường đặc tính bảo vệ của aptômat tổng SA403-H và của cầu chảy ΠK-10 trên biểu đồ (hình 3.7). Khi có sự cố ngắn mạch ngay sau aptômat ứng với dòng điện $I^{(3)}_k = 6753A$ thì cuộn điện từ của aptômat sẽ tác động cắt nhanh trong khoảng thời gian $t = 0,03s$; Trong trường hợp aptômat tổng từ chối tác động thì cầu chảy ΠK-10 sẽ làm việc cắt mạch điện trong khoảng thời gian $t = 0,5s$.



Hình 3.7. Biểu đồ kết hợp làm việc của các thiết bị bảo vệ.

5.3.5. Chọn máy biến dòng

- Biến dòng cho công tơ tổng

Căn cứ vào giá trị dòng điện chạy trên đoạn dây tổng $I_{\Sigma} = 312,3 \text{ A}$ ta chọn máy biến dòng loại TKM-0,5 (bảng 27.pl)[1] có điện áp định mức là 0,5 kV, dòng định mức phía sơ cấp là 400A, hệ số biến dòng $k_i = 400/5 = 80$, cấp chính xác 10%, công suất định mức phía nhị thứ là 5 VA. Kiểm tra chế độ làm việc của công tơ khi phụ tải cực tiểu. Công tơ làm việc bình thường nếu dòng nhị thứ khi phụ tải cực tiểu lớn hơn dòng sai số 10% ($I_{10\%} = 0,1.5 = 0,5\text{A}$)

Dòng điện khi phụ tải nhỏ nhất (bằng 25% phụ tải tính toán)

$$I_{\min} = 0,25.I_{\Sigma} = 0,25.312,3 = 78 \text{ A}$$

Dòng điện nhị thứ khi phụ tải cực tiểu

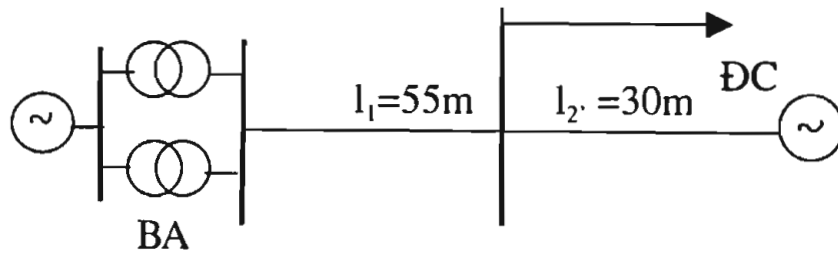
$$I_{2\min} = \frac{I_{\min}}{k_i} = \frac{78}{80} = 0,96 \text{ A} > I_{10\%} = 0,5 \text{ A}$$

Vậy biến dòng làm việc bình thường khi phụ tải cực tiểu.

6. KIỂM TRA CHẾ ĐỘ KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ

Kiểm tra ảnh hưởng của chế độ làm việc của thang máy đối với chất lượng điện. Độ lệch điện áp khi khởi động động cơ được xác định theo biểu thức

$$\Delta U_{kd} = \frac{Z_{BA} + Z_d}{Z_{BA} + Z_d + Z_{dc}} 100$$



Hình 3.8. Sơ đồ tính toán chế độ khởi động của thang máy.

Từ kết quả tính toán ở trên ta có

$$R_{BA} = 0,003 \Omega; X_{BA} = 0,065$$

$$R_{d1} = 0,0105; X_{d1} = 0,004$$

$$R_{d2} = r_{02} \cdot I_2 = 5.0,03 = 0,15$$

$$X_{d2} = x_{02} \cdot I_2 = 0,09.0,03 = 0,0027;$$

Tổng trở của động cơ lúc mở máy

$$Z_{dc} = X_{dc} = \frac{U_n}{\sqrt{3}I_{t,m}K_{mm}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 19,69 \cdot 4,5} = 2,475 \Omega$$

$$Z_{BA} + Z_{dd} = \sqrt{(0,003 + 0,0105 + 0,15)^2 + (0,065 + 0,004 + 0,003)^2} = 0,179 \Omega$$

$$Z_{BA} + Z_{dd} + Z_{dc} = \sqrt{(0,003 + 0,0105 + 0,15)^2 + (0,065 + 0,004 + 0,003 + 2,475)^2} = 2,844 \Omega$$

$$\Delta U_{kd} = \frac{Z_{BA} + Z_{dd}}{Z_{BA} + Z_{dd} + Z_{dc}} 100 = \frac{0,179}{2,844} 100 = 6,3 \% < 40 \%$$

Vậy chế độ khởi động động là ổn định.

7. TÍNH TOÁN NỔ ĐẤT

Như đã biết, điện trở nối đất cho phép đối với trạm biến áp có công suất >100 kVA là $R_{id} = 4 \Omega$, điện trở suất của vùng đất do trong điều kiện độ ẩm trung bình $k_{coc}=1,5$) là $\rho_o = 0,75 \cdot 10^4 \Omega \text{ cm}$. (với thanh nối ngang $k_{nga}=2$).

Do không có hệ thống tiếp địa tự nhiên nên điện trở của hệ thống tiếp địa nhân tạo.

$R_{n,t} = R_{id} = 4 \Omega$. Chọn cọc tiếp địa bằng thép tròn dài $l = 2,5 \text{ m}$, đường kính $d = 6 \text{ cm}$ đóng sâu cách mặt đất $h = 0,75 \text{ m}$.

Chiều sâu trung bình của cọc $h_{tb} = h + \frac{l}{2} = 75 + \frac{250}{2} = 200 \text{ cm}$;

Điện trở tiếp xúc của cọc tiếp địa được xác định theo biểu thức

$$R_{coc} = \frac{k_{coc}\rho_o}{2\pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h_{tb} + l}{4h_{tb} - l} \right) =$$

$$= \frac{1,5 \cdot 0,75}{2,314 \cdot 250} \left(\ln \frac{2 \cdot 250}{6} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 200 + 250}{4 \cdot 200 - 250} \right) = 31,72 \Omega$$

Sơ bộ chọn số lượng cọc

$$n = \frac{R_{coc}}{R_{n,t}} = \frac{31,72}{4} = 7,9 \text{ chọn } n = 8 \text{ cọc}$$

Số cọc này được đóng xung quanh trạm biến áp theo chu vi

$$L = 2(5+6) = 22 \text{ m}$$

Khoảng cách trung bình giữa các cọc là $l_a = L/n = 22/8 = 2,75 \text{ m}$; tỷ lệ $l_a/l = 2,75/2,5 = 1,1$

Tra đường cong ứng với tỷ lệ $l_a/l = 1,1$ và số lượng cọc là 8, ta xác định được hệ số lợi dụng của các cọc tiếp địa là $\eta_{coc} = 0,58$ và của thanh nối là $\eta_{nga} = 0,36$ (bảng 49.pl)[1]

Chọn thanh nối tiếp địa bằng thép có kích thước $b \times c = 50 \times 6$ cm. Điện trở tiếp xúc của thanh nối ngang

$$R_{\text{nga}} = \frac{k_{\text{nga}} \cdot \rho_0}{2\pi \cdot L} \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot h} = \frac{2,0,75 \cdot 10^4}{2,3,14 \cdot 2200} \ln \frac{2 \cdot 2200^2}{5,75} = 11,03 \Omega$$

Điện trở thực tế của thanh nối có xét đến hệ số lợi dụng η_{nga} là

$$R'_{\text{nga}} = \frac{R_{\text{nga}}}{\eta_{\text{nga}}} = \frac{11,03}{0,36} = 30,64 \Omega$$

Điện trở cần thiết của hệ thống tiếp địa nhân tạo có tính đến điện trở của thanh nối ngang là

$$R'_{\text{nt}} = \frac{R'_{\text{nga}} \cdot R_{\text{n.l}}}{R'_{\text{nga}} - R_{\text{n.l}}} = \frac{30,64 \cdot 4}{30,64 - 4} = 4,6 \Omega;$$

Số lượng cọc chính thức là

$$n_{\text{cl}} = \frac{R_{\text{coc}}}{\eta_{\text{coc}} \cdot R'_{\text{nt}}} = \frac{31,72}{0,58 \cdot 4,6} = 11,89 \text{ cọc chọn } n_{\text{cl}} = 12 \text{ cọc.}$$

Kiểm tra độ ổn định nhiệt của hệ thống tiếp địa

$$F_{\text{min}} = I_{\text{kl}}^{(1)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_1} = 1232 \cdot \frac{\sqrt{0,5}}{74} = 11,77 < S_{\text{in}} = 50,3 = 150 \text{ mm}^2$$

Vậy hệ thống tiếp địa thoả mãn về điều kiện ổn định nhiệt.

8. HẠCH TOÁN CÔNG TRÌNH

Các thiết bị chính xét đến trong hạch toán công trình được liệt kê trong bảng 3.11.

* Tổng giá thành công trình là $\Sigma V = 337,43$ triệu đồng;

* Tổng giá thành có tính đến công lắp đặt

$$V_{\Sigma} = k_{\text{ld}} \Sigma V = 1,1 \cdot 337,43 = 371,173 \text{ triệu đồng}$$

* Giá thành một đơn vị công suất đặt

$$g_{\text{đ}} = \frac{\Sigma V}{S_{\text{đ}}} = \frac{371,173}{200} \cdot 10^6 = 1,856 \cdot 10^6 \text{ đ/kVA}$$

Chi phí vận hành hàng năm

$$C_{\text{vh}} = k_{\text{O\&M}} \cdot V_{\Sigma} = 0,02 \cdot 371,173 \cdot 10^6 = 7,42 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

Bảng 3.11. Liệt kê các thiết bị chính và hạch toán giá thành

TT	Tên thiết bị	Quy cách	Đơn vị	Số lượng	Đơn giá, 10 ³ d	V. 10 ⁶ d
1	Trạm biến áp	2.TM100/10	Cái	1	196,6.10 ³	196,60
2	Cầu chảy cao áp	ΠΚ-10	Bộ	1	2500	2,50
3	Chống sét van	RA10	Bộ	1	2000	2,00
4	Dao cách ly	PB-10/400	Bộ	1	1600	1,60
5	Vỏ tủ điện		Cái	1	1000	1,00
6	Cáp hạ áp	XLPE 95	m	110	153,72	16,91
7	-nt-	XLPE 10	m	154	46,76	7,20
8	-nt-	XLPE 6	m	65	42,28	2,75
9	-nt-	XLPE 4	m	60	25,34	1,52
10	-nt-	PVC-16	m	36	55,56	2,00
11	-nt- (2 pha)	PVC-16	m	200	45,37	9,07
12	-nt- (2 pha)	PVC-10	m	150	40,24	6,04
13	-nt- (1 pha)	PVC-16	m	142	28,5	4,05
14	Cầu dao		bộ	1	850	0,85
15	Aptomat tổng	SA403-H	Cái	1	5500	5,50
16	Aptomat tổng	SA403-H	Cái	1	3500	3,50
17	Aptomat nhánh	EA103G	Cái	1	3500	3,50
18	-nt-	EA103G	Cái	1	3500	3,50
19	-nt-	EA103G	Cái	2	3500	7,00
20	-nt-	EA103G	Cái	4	3500	14,00
21	-nt-	EA52G	Cái	9	2400	21,60
22	-nt-	EA52G	Cái	2	2400	4,80
23	Khởi động từ	ΠME-211	Cái	6	2000	12,00
24	Biến dòng	TKL-0,5	Bộ	3	100	0,30
25	Ampe kế	0-200 A	Cái	4	100	0,40
26	Vôn kế	0-500 V	Cái	10	110	1,10
27	Công tơ 3 pha		Cái	10	600	6,0
28	đồng thanh cái	M,50x6	kg	10	60	0,60
29	Sứ thanh cái		Cái	9	50	0,45
30	Bộ giàn trạm		Bộ	1	3500	3,50
31	Cọc tiếp địa	Φ5,6	Cọc	12	100	1,20
32	Thanh nối	50x6	M	22	15	0,33
					Tổng	337,43

Hệ số sử dụng vốn đầu tư và khấu hao thiết bị

Chi phí hao tổn điện năng

$$C_{ht} = g_{ht} \cdot \Delta A_{\Sigma} = 0,55 \cdot 19398,33 = 10,67 \cdot 10^6 \text{ đ}$$

$$p = \frac{1}{T_n} + k_{kh} = \frac{1}{10} + 0,036 = 0,136$$

(các giá trị $k_{0\&M}$ và k_{kh} lấy theo phụ lục bảng 5.pl [1])

* Tổng chi phí quy đổi

$$Z_{\Sigma} = p V_{\Sigma} + C_{ht} + C_{vh} = (0,136 \cdot 371,173 + 10,67 + 7,42) \cdot 10^6 = 68,57 \cdot 10^6 \text{ đ./năm.}$$

* Tổng chi phí trên một đơn vị điện năng

$$g = \frac{Z_{\Sigma}}{A} = \frac{68,57}{700179} \cdot 10^6 = 97,94 \text{ đ/kWh.}$$

9. PHÂN TÍCH KINH TẾ TÀI CHÍNH

Trước hết ta xác định sản lượng điện bán ra ở năm đầu:

$$A_{b1} = S_1 \cdot T_M = 159,19 \cdot 3750 = 648825,42 \text{ kWh;}$$

Lượng điện năng tổn thất:

$$\Delta A_1 = \Delta A \% \cdot A_1 = 0,0277 \cdot 648825,42 = 17972 \text{ kWh;}$$

Điện năng mua vào:

$$A_{m1} = A_{b1} + \Delta A_1 = 648825,42 + 17972 = 666798 \text{ kWh;}$$

Chi phí mua điện: 666,473

$$C_{m1} = A_{m1} \cdot c_m = 666798 \cdot 420 = 280,06 \cdot 10^6 \text{ đ, hay 279,92 tr.d.}$$

Để đơn giản ta lấy đơn vị tính là triệu đồng (tr.d.)

Doanh thu:

$$B_1 = A_{b1} \cdot c_{b1} = 648825,42 \cdot 550 = 356,85 \text{ tr.d.}$$

Chi phí vận hành hàng năm:

$$C_{vh} = k_{0\&M} \cdot V_{\Sigma} = 0,02 \cdot 371,173 = 7,42 \text{ tr.d.}$$

Chi phí khấu hao

Năm thứ nhất: $C_{kh,1} = k_{kh} \cdot V_{\Sigma} = 0,036 \cdot 371,173 = 13,36 \text{ tr.d.}$

Tổng chi phí không kể khấu hao năm thứ nhất.

$$C_{m\&vh1} = C_{m,1} + C_{vh1} = (280,06 + 7,42) = 287,48 \text{ tr.d.}$$

Dòng tiền trước thuế

$$T_{1,1} = B_1 - C_{m\&vh1} = (356,85 - 287,48) = 69,38 \text{ tr.d.}$$

Lãi chịu thuế:

$$\text{năm thứ nhất: } L_{1,1} = T_{1,1} - C_{kh} = 69,38 - 13,36 = 56,01 \text{ tr.d.}$$

Thuế lợi tức: $t_{1,1} = L_{1,1} \cdot s = 56,01 \cdot 0,15 = 8,4 \text{ tr.d.}$

Tổng chi phí toàn bộ:

$$C_{\Sigma 1} = C_{m,1} + C_{vh1} + C_{kh1} + t_{1,1} = 279,92 + 7,42 + 13,36 + 8,44 = 309,24 \text{ tr.d.}$$

Dòng tiền sau thuế:

$$T_2 = T_{1,1} - t_{1,1} = 69,38 - 8,4 = 60,97 \text{ tr.d.}$$

Hệ số quy đổi $\beta_1 = \frac{1}{(1+i)^1} = \frac{1}{(1+0,1)^1} = 0,91;$

Giá trị lợi nhuận quy về hiện tại

$$L_{ht} = T_2 \cdot \beta_1 = 60,97 \cdot 0,91 = 55,43 \text{ tr.d.}$$

Tổng chi phí quy về hiện tại

$$C_{\Sigma 1} \cdot \beta_1 = 309,24 \cdot 0,91 = 281,13 \text{ tr.d.}$$

Tổng doanh thu quy về hiện tại

$$B_1 \cdot \beta_1 = 356,85 \cdot 0,91 = 324,41 \text{ tr.d.}$$

Tính toán tương tự cho các năm khác, kết quả ghi trong bảng 3.12.

$$NPV = 181,2 \text{ tr.d}$$

$$R = B/C = 3198,61/2747,87 = 1,16;$$

Khi $i = 17$ thì $NPV = 4,1$ và khi $i = 18$ thì $NPV = -13,66$ do vậy

$$IRR = \frac{NPV_1}{NPV_1 + |NPV_2|} 17 + \frac{4,1}{4,1 + 13,66} = 17,23\%$$

Bảng 3.12. Kết quả tính toán phân tích kinh tế tài chính công trình điện . (tr.đ)

Năm	S _t kVA	Điện năng, 10 ³ kWh			B	C _m	C _{m&vh}	T ₁	L _{ll}
		A _b .10 ³	A _m . 10 ³	ΔA. 10 ³					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0							371,17	-371,17	
1	159,9	648,825	666,798	17,972	356,85	280,06	287,48	69,38	56,01
2	164,40	670,758	689,338	18,580	368,92	289,52	296,95	71,97	58,61
3	169,60	692,691	711,878	19,188	380,98	298,99	306,41	74,57	61,21
4	174,81	714,623	734,418	19,795	393,04	308,46	315,88	77,16	63,80
5	180,01	736,556	756,959	20,403	405,11	317,92	325,35	79,76	66,40
6	185,22	758,489	779,499	21,010	417,17	327,39	334,81	82,36	68,99
7	190,43	780,421	802,039	21,618	429,23	336,86	344,28	84,95	71,59
8	195,63	802,354	824,579	22,225	441,29	346,32	353,75	87,55	74,19
9	200,84	824,287	847,119	22,833	453,36	355,79	363,21	90,14	76,78
10	206,04	846,220	869,660	23,440	465,42	365,26	372,68	92,74	79,38
11	211,25	868,152	892,200	24,048	477,48	374,72	382,15	95,34	81,97
12	216,45	890,085	914,740	24,655	489,55	384,19	391,61	97,93	84,57
13	221,66	912,018	937,281	25,263	501,61	393,66	401,08	100,53	87,17
14	226,86	933,950	959,821	25,870	513,67	403,12	410,55	103,12	89,76
15	232,07	955,883	982,361	26,478	525,74	412,59	420,02	105,72	92,36

(Tiếp bảng 3.12)

t	t _{ll}	C _Σ	T ₂	β'	C _Σ .β'	B.β'	T ₂ β'	T ₂ β' (i=17)	T ₂ β' (i=18)
	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0			-371,17	1,00	0,00	0,00	-371,17	-371,17	-371,17
1	8,40	309,24	60,97	0,91	281,13	324,41	55,43	52,11	51,67
2	8,79	319,10	63,18	0,83	263,72	304,89	52,21	46,15	45,37
3	9,18	328,96	65,39	0,75	247,15	286,24	49,13	40,83	39,80
4	9,57	338,81	67,59	0,68	231,41	268,45	46,17	36,07	34,86
5	9,96	348,67	69,80	0,62	216,50	251,54	43,34	31,84	30,51
6	10,35	358,52	72,01	0,56	202,38	235,48	40,65	28,07	26,67
7	10,74	368,38	74,21	0,51	189,04	220,26	38,08	24,73	23,30
8	11,13	378,24	76,42	0,47	176,45	205,87	35,65	21,76	20,33
9	11,52	388,09	78,63	0,42	164,59	192,27	33,35	19,14	17,73

Bảng 3.12. (tiếp theo)

10	11,91	397,95	80,83	0,39	153,43	179,44	31,16	16,82	15,44
11	12,30	407,81	83,04	0,35	142,93	167,36	29,11	14,77	13,45
12	12,69	417,66	85,25	0,32	133,08	155,98	27,16	12,96	11,70
13	13,07	427,52	87,45	0,29	123,84	145,30	25,33	11,36	10,17
14	13,46	437,37	89,66	0,26	115,17	135,27	23,61	9,95	8,84
15	13,85	447,23	91,87	0,24	107,06	125,86	21,99	8,72	7,67
Σ					2747,87	3198,61	181,20	4,10	-13,66

$$\text{Khi } t_n = 8 \text{ thì } NPV = \sum_{t=0}^8 T_2 \beta^t = -10,51 \text{ tr.đ}$$

$$\text{và khi } t = 9 \text{ thì } NPV = \sum_{t=0}^9 T_2 \beta^t = 22,8 \text{ tr.đ.}$$

Thời gian thu hồi vốn

$$T = t_n + \frac{-\sum_{t=0}^n T_2 \beta^t}{\sum_{t=0}^{n+1} T_2 \beta^t + \left| \sum_{t=0}^n T_2 \beta^t \right|} = 8 + \frac{10,51}{22,8 + 10,51} = 8,32 \text{ năm}$$

Bảng 3.13. Các chỉ tiêu kinh tế tài chính cơ bản của công trình điện

NPV	IRR	B/C	T
181,2 tr.đ.	17,23 %	1,16	8,32 năm

Kết luận: Tất cả các chỉ tiêu kỹ thuật của mạng điện đều đảm bảo yêu cầu thiết kế. Dự án có mục đích chủ yếu là phục vụ cho nhu cầu sinh hoạt của nhân dân. Bên cạnh đó có thể nhận thấy là dự án mang lại hiệu quả kinh tế với tổng vốn đầu tư là 371,17 triệu đồng sẽ được thu hồi trong khoảng thời gian 8,32 năm. Các chỉ tiêu kinh tế tài chính cơ bản được biểu thị trong bảng 9.2 cho thấy dự án hoàn toàn có thể chấp nhận được.

ĐÁP SỐ

Chương 1- Phụ tải

1.1. $P_{tt} = 3936 \text{ kW}$;

1.2. $P^n = 72,74 \text{ kW}$; $P^d = 147,73 \text{ kW}$; $P_{tt} = 147,73 \text{ kW}$;

1.3. Phương pháp k_{nc} : $P_{tt} = 50,55 \text{ kW}$;

Phương pháp k_{nM} : $P_{tt} = 54,91 \text{ kW}$; sai số giữa 2 phương pháp $s = 8,6\%$

1.4. $P^n = 7,89 \text{ kW}$; $P^d = 15,3 \text{ kW}$; $P_{tt} = 15,3 \text{ kW}$;

1.5. $P_{tuo\grave{i}} = 81,6 \text{ kW}$; $P_{tieu} = 190,75 \text{ kW}$;

1.6. $S_{tt} = 39,58$; $S_{th} = 31,38$ và $S_{d.nh} = 90,1 \text{ kVA}$

1.7. $P_{tt} = 122,21 \text{ kW}$; $S_{tt} = 135,79 \text{ kVA}$

1.8. $P_{tt} = 83,41 \text{ kW}$; $S_{tt} = 110,92 \text{ kVA}$; $Q_{tt} = 73,12 \text{ kVAr}$

1.9. $P_{tt} = 358,46 \text{ kW}$; $S_{tt} = 398,28 \text{ kVA}$; $Q_{tt} = 173,61 \text{ kVAr}$

1.10. $A = 796,87 + 81.t$; $r = 0,99$; $t = 18,44 > t_{0,001} = 5,4$

1.11. $A = 461 + 370,28.t + 2,29.t^2$

1.12. $A = (358,07 + 258,29.t + 4,66.t^2).10^3 \text{ kWh}$;

Bảng số liệu về khoảng tin cậy của dự báo

Năm	tt	Sai số dự báo		Khoảng tin cậy của điện năng dự báo, kWh		
		kWh	Tương đối	Tính toán	Giới hạn dưới	Giới hạn trên
		δ_i	$\delta \%$	A_{dhi}	A_d	A_t
2005	1	15,98861	0,578212	2765,18	2717,21417	2813,146
2006	2	18,04073	0,569964	3165,24	3111,11782	3219,362
2007	3	20,13147	0,563926	3569,88	3509,48559	3630,274
2008	4	22,24995	0,55917	3979,1	3912,35015	4045,85
2009	5	24,38894	0,55519	4392,9	4319,73317	4466,067

1.13. $A = 1,016 + 1,534.X$; $r = 0,976$; $\epsilon_{tt} = 0,161 < 0,2$ đảm bảo độ tin cậy.

$$1.14. P_1 = \frac{2626200}{875,4 + 2124,6.e^{-0,063,1}}; \text{ sai số } s\% = 7,28\%; P_{2015} = 1684,48 \text{ W/hộ}$$

Chương 2- Tính toán kinh tế – kỹ thuật

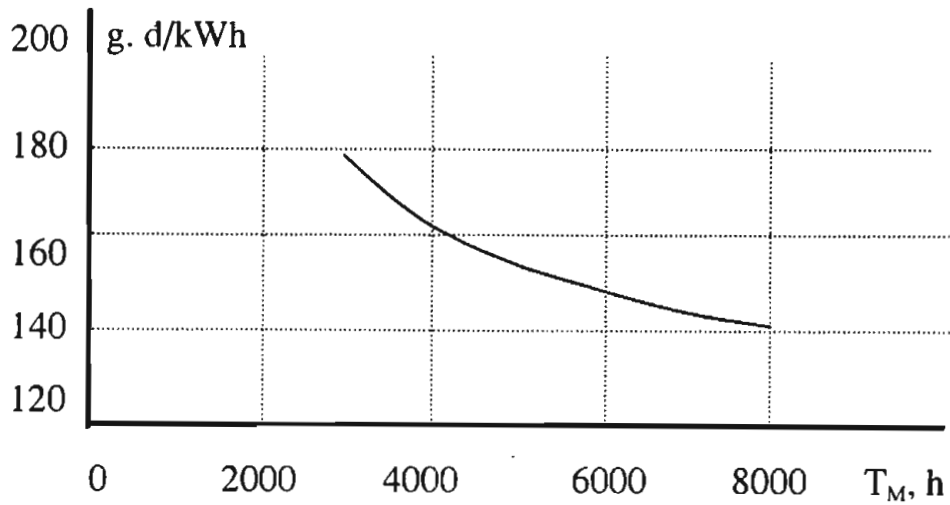
2.1. $Z_1 = 1853.10^6 \text{ đ}; Z_2 = 1741,07.10^6 \text{ đ}; T = 12,47$ như vậy phương án 2 kinh tế hơn.

2.2. $Z_{\Sigma 1} = 2857,95.10^6; Z_{\Sigma 2} = 2870,57.10^6 \text{ đ}$, tuy nhiên sự chênh lệch $\Delta Z = 0,4\%$ do đó có thể coi 2 phương án tương đương nhau về kinh tế

2.3. $Z_{\Sigma 1} = 1455,86.10^6; Z_{\Sigma 2} = 1573,25.10^6 \text{ đ}$, sự chênh lệch $\Delta Z = 8,06\%$ do đó có thể nói phương án 1 kinh tế hơn

2.4. a, $g = 161,23 \text{ đ/kWh}$;

b,



2.5. $a = 60,267.10^6 \text{ đ/km}; b = 1,787.10^6 \text{ đ/km.mm}^2$

2.6. $a = 75,89.10^6 \text{ đ/km}; b = 0,866.10^6 \text{ đ/km.mm}^2$

$m = 14,73.10^6 \text{ đ}; n = 0,116.10^6 \text{ đ/kVA}$

$m = 18,75.10^6 \text{ đ}; n = 0,124.10^6 \text{ đ/kVA}$

$m = 22,54.10^6 \text{ đ}; n = 0,136.10^6 \text{ đ/kVA}$

$j_{kt} = 1,06 \text{ A/mm}^2$

$V = (43,66 + 0,79.F).10^6; j_{kt} = 0,87 \text{ A/mm}^2$

2.12. $V = (25,44 + 0,244.F).10^6; j_{kt} = 0,49 \text{ A/mm}^2$

$U_{II} = 27,77 \text{ kV}$ chọn $U = 22 \text{ kV}$

$NPV = 42510.10^6 \text{ đ. } B/C = 1,39; IRR = 31,69; T = 2,22 \text{ năm.}$

Chương 3- Mạng điện

3.1: $R = 13,93 \Omega; X = 16,48 \Omega$

3.2: $R = 7.88\Omega$; $X = 11.55\Omega$

3.3: $R = 21\Omega$; $X = 34,5\Omega$; $B = 212,55 \text{ S}$;

3.4: $R = 19,95\Omega$; $X = 39,88\Omega$; $B = 256,78 \text{ S}$;

3.5: $R = 27,07\Omega$; $X = 72,07\Omega$; $B = 396,92 \text{ S}$; $G = 31,333.10^3 \text{ S}$;

3.6: $R = 28,77\Omega$; $X = 62,84\Omega$; $B = 337,82 \text{ S}$; $G = 4334,86 \text{ S}$;

3.7. $x_0 = 0,331$

3.8: $R = 1,36\Omega$; $X = 11,41\Omega$; $B = 202,3.10^6 \text{ S}$; $G = 19,56.10^6 \text{ S}$;

3.9: $R_1 = R_2 = R_3 = 10,67\Omega$; $X_1 = 209,85$; $X_2 = 122,01$; $X_3 = -4,88 \Omega$; $B = 23,56.10^6 \text{ S}$;
 $G = 2,39.10^6 \text{ S}$;

3.10: $R_1 = R_2 = 1,98\Omega$; $R_3 = 2,22 \Omega$; $X_1 = 56,87$; $X_2 = -1,32$; $X_3 = 33,06\Omega$; $B = 13,23.10^6 \text{ S}$;
 $G=2,33.10^6 \text{ S}$;

3.11: $\Delta U = 396,11 \text{ V}$; $\Delta U\% = 3,45\%$

3.12: $\Delta U = 1206,88 \text{ V}$; $\Delta U\% = 2,6\%$

3.13: $\Delta U_{AB} = 277,73 \text{ V}$; $\Delta U_{AC} = 282,23 \text{ V}$; $\Delta U_{CA} = 284,35 \text{ V}$ $\Delta U_{\Sigma} = 566,58 \text{ V}$
 $\Delta U\% = 5,67\%$

3.14. $\Delta U_C = 9,1 \text{ V}$; $\Delta U_{\max}\% = 4,1\%$

3.15. $\Delta U_{CA} = 265 \text{ V}$; $\Delta U_{\max}\% = 1,2\%$

3.16: $\Delta U_{BA} = 454,62 \text{ V}$; $\Delta U\% = 4,55\%$

3.17: $\Delta P = 7,02 \text{ kW}$; $\Delta Q = 8,5 \text{ kVAr}$; $\Delta A = 24704 \text{ kWh}$

3.18: $\Delta P = 1264,88 \text{ kW}$; $\Delta Q = 4186 \text{ kVAr}$; $\Delta A = 95,8 \text{ MWh}$

3.19: $\Delta U_{\text{đđ}} = 220 \text{ V}$; $\Delta U_{BA} = 310 \text{ V}$; $\Delta U_{\Sigma} = 530 \text{ V}$; $\Delta U_{\Sigma} = 5,05\%$

3.20. $F = 87 \text{ mm}^2$ chọn dây A-95

3.21. Phương pháp 1- hao tổn điện áp cho phép: $F = 94,1 \text{ mm}^2$ chọn dây A-95;

Phương pháp 2- chi phí kim loại màu cực tiểu: $F_{ab} = 94 \text{ mm}^2$ chọn dây A-95;

$F_{bc} = 61,3 \text{ mm}^2$ chọn dây A-70

Phương pháp 3- phân nhánh: $F_{ab} = 104 \text{ mm}^2$ chọn dây A-95; $F_{bc} = 61 \text{ mm}^2$
chọn dây A-70

Phương pháp 4- mật độ dòng điện không đổi: $F_{ab} = 111,4 \text{ mm}^2$ chọn dây A-i20;

$F_{bc} = 48 \text{ mm}^2$ chọn dây A-50

22. $F = 274,36 \text{ mm}^2$ chọn dây ACO-300

3. 23. $F_1 = 239,7 \text{ mm}^2$ chọn dây ACO-300; $F_2 = 99 \text{ mm}^2$ chọn dây ACO-120

3. 24. $F_1 = 144,6 \text{ mm}^2$ chọn dây ACO-150; $F_2 = 44,3 \text{ mm}^2$ chọn dây AC-50

3. 25. $F_{0A} = 145,73 \text{ mm}^2$ chọn dây ACO-150; $F_{AB} = 94,41 \text{ mm}^2$ chọn AC-95;

$F_{AC} = 46,62 \text{ mm}^2$ chọn dây AC-50

3. 26. $F = 33,53 \text{ mm}^2$ chọn dây M-35;

$F_{0A} = 28,69 \text{ mm}^2$ chọn dây A-35; $F_{AB} = 7,26 \text{ mm}^2$ chọn A-10; $F_{AC} = 5,94 \text{ mm}^2$ chọn dây A-6

3.28. $\Delta U = 24,75\%$

Chương 4 – Trạm biến áp

4. 1. $X = 30,84$ $Y = 28,45 \text{ km}$;

4. 2. $X = 0,32$ $Y = 0,35 \text{ km}$;

4. 3. Chọn 2 máy biến áp công suất 2 x 250 kVA với tổng chi phí tính toán $Z = 48,08 \cdot 10^6 \text{ đ/năm}$;

4.4. Chọn 2 máy biến áp công suất 2 x 180 kVA với tổng chi phí tính toán

$Z = 31,97 \cdot 10^6 \text{ đ/năm}$;

4.5. Chọn 2 máy biến áp công suất 2 x 180 kVA với tổng chi phí quy về hiện tại PVC = $186,41 \cdot 10^6 \text{ đ}$.

4.6. Chọn 2 máy biến áp công suất 2 x 250 kVA với tổng chi phí quy về hiện tại PVC = $256,39 \cdot 10^6 \text{ đ}$.

Chương 5 – Tính toán ngắn mạch

5.1. $I_{k1}^{(3)} = 1,468 \text{ kA}$; $i_{xk1} = 2,534 \text{ kA}$; $I_{xk1} = 1,538 \text{ kA}$; $S_{k1} = 292,495 \text{ MVA}$

$I_{k2}^{(3)} = 1,485 \text{ kA}$; $i_{xk1} = 2,352 \text{ kA}$; $I_{xk1} = 1,506 \text{ kA}$; $S_{k1} = 56,575 \text{ MVA}$.

5.2. $I_{k1}^{(3)} = 9,85 \text{ kA}$; $i_{xk1} = 25,074 \text{ kA}$; $I_{xk1} = 14,972 \text{ kA}$; $S_{k1} = 179,135 \text{ MVA}$

5.3. $I_{k1}^{(3)} = 1,506 \text{ kA}$; $i_{xk1} = 3,839 \text{ kA}$; $I_{xk1} = 2,289 \text{ kA}$; $S_{k1} = 299,91 \text{ MVA}$

$I_{k2}^{(3)} = 1,677 \text{ kA}$; $i_{xk1} = 4,275 \text{ kA}$; $I_{xk1} = 2,548 \text{ kA}$; $S_{k1} = 18,295 \text{ MVA}$.

5.4. $I_k^{(3)} = 4,37 \text{ kA}$; $i_{xk} = 11,124 \text{ kA}$; $I_{xk} = 6,642 \text{ kA}$; $S_k = 79,437 \text{ MVA}$

5.5. $I_k^{(3)} = 3,05 \text{ kA}$; $i_{xk} = 7,75 \text{ kA}$; $I_{xk} = 4,63 \text{ kA}$; $S_k = 55,39 \text{ MVA}$

5.6. $I_k^{(3)} = 0,357 \text{ kA}$; $i_{xk} = 0,907 \text{ kA}$; $I_{xk} = 0,542 \text{ kA}$; $S_k = 71,035 \text{ MVA}$

5.7. $I_k^{(3)} = 5,1 \text{ kA}$; $i_{xk} = 13 \text{ kA}$; $I_{xk} = 7,75 \text{ kA}$; $S_k = 92,746 \text{ MVA}$

5.8. a, $I_{k1}^{(3)} = 0,15 \text{ kA}$; $I_{k2}^{(3)} = 0,29 \text{ kA}$;

b, $I_{k1}^{(3)} = 0,154 \text{ kA}$; $I_{k2}^{(3)} = 3,29 \text{ kA}$;

5.9. $I_{k1}^{(3)} = 3,6 \text{ kA}$; $S_{k1} = 717 \text{ MVA}$

$I_{k2}^{(3)} = 4,9 \text{ kA}$; $S_{k2} = 103 \text{ MVA}$

$I_{k3}^{(3)} = 0,49 \text{ kA}$; $S_{k3} = 10,4 \text{ MVA}$

5.10. $I_k^{(3)} = 0,845 \text{ kA}$; $i_{xk} = 1,434 \text{ kA}$; $I_{xk} = 0,921 \text{ kA}$; $S_k = 0,556 \text{ MVA}$

Dòng ngắn mạch 1 pha $I_k^{(1)} = 79 \text{ A}$

5.11. $I_k^{(3)} = 1,104 \text{ kA}$; $i_{xk} = 1,874 \text{ kA}$; $I_{xk} = 1,2 \text{ kA}$; $S_k = 0,727 \text{ MVA}$

Dòng ngắn mạch 1 pha $I_k^{(1)} = 149 \text{ A}$

5.12. $I_k^{(3)} = 206,44 \text{ A}$; $i_{xk} = 350,33 \text{ A}$; $I_{xk} = 225 \text{ kA}$; $S_k = 136 \text{ kVA}$

Dòng ngắn mạch 1 pha $I_k^{(1)} = 60 \text{ A}$

Chương 6 – Chọn thiết bị điện

6.1. $F = 347,29 \text{ mm}^2$, $F_c = 60 \times 6 \text{ mm}^2$; $F_{\min} = 49,15 \text{ mm}^2$; $\sigma_{tt} = 23,5 \text{ kG/cm}^2$

6.2. $F_1 = 63,62 \text{ mm}^2$, Chọn AC- 70; $F_2 = 212,1 \text{ mm}^2$, chọn 50x6 mm²,

$F_{\min 1} = 18,25 < 70 \text{ mm}^2$; $F_{\min 2} = 82,03 < 300 \text{ mm}^2$; $\sigma_{tt} = 635,4 < 700 \text{ kG/cm}^2$

6.3. $I_{hc} = 158 \text{ A}$, Chọn cáp đồng tiết diện 35 mm²; $F_{\min} = 10,83 \text{ mm}^2$

6.4. Máy cắt dầu BM-35 và dao cách ly PHД(3)-35/630

6.5. $X_{nkd} = 0,12$; $U_{nkd} = 35 \text{ kV}$; $I_{nkd} = 1,5 \text{ kA}$

6.6. $I_{k1} = 13,97 \text{ kA}$; $I_{k2} = 10,8 \text{ kA}$;

Máy cắt BМП-10; dao cách ly PBP(3)–III–10/2000;

Thanh cái đồng 10 kV $F = 50 \times 5 \text{ mm}^2$; Thanh cái đồng 0,4 kV $F = 50 \times 6 \text{ mm}^2$;

Sứ đỡ OΦ-10-750

Biến dòng 10 kV loại TBJM–10; biến dòng 0,4 kV loại TKM-0,5

Aptomat loại ABM10H có $I_n = 1000 \text{ A}$

6.7. $F_n = 225 \text{ mm}^2$ chọn thanh cái nhôm 10 kV kích thước 50x6 mm²;

Lực tính toán $f = 27,17 \text{ kG}$, chọn sứ đỡ Oφ-10-375

Máy cắt: $I_{lv} = 118,77 \text{ A}$, $B_n = 116,9 \text{ kA}^2.c$

BMΓ-10; dao cách ly PBP(3)-III-10/2000;

Biến dòng 10 kV loại 4MA72

6.8. $I_{kd} = 274 \text{ A}$ chọn cầu chảy ПП-2 có $I_n = 350 \text{ A}$;

a. Cầu chảy bảo vệ được dây cáp, vì dòng $115,5 < I_{cp} = 15 \text{ A}$

b. Cầu chảy không bảo vệ được dây cáp, vì $437,5 > I_{cp} = 150 \text{ A}$.

Dòng khởi động $I_{kd} = 431,11 \text{ A}$; Chọn aptomat SA603-H của Nhật có $I_n = 500 \text{ A}$ hoặc aptomat A3144 của Nga có $I_n = 600 \text{ A}$.

Chương 7 – Bảo vệ role

7.1. $I_{Role} = 7 \text{ A}$; $I_{kd.bv} = 280 \text{ A}$; $k_{nh} = 2,98$;

7.2. $I_{Role} = 7 \text{ A}$; $I_{kd.bv} = 840 \text{ A}$; $k_{nh} = 1,66$;

7.3. $I_{Role} = 10,5 \text{ A}$; $I_{kd.bv} = 210 \text{ A}$;

7.4. $I_{Role} = 25,6 \text{ A}$; $I_{kd.bv} = 512 \text{ A}$;

7.5. Bảo vệ dòng cực đại: $I_{Role} = 7 \text{ A}$; $I_{kd.CD} = 874 \text{ A}$; $k_{nh} = 2,35$;

Bảo vệ cắt nhanh: $I_{Role} = 23 \text{ A}$; $I_{kd..CN} = 2760 \text{ A}$; Dòng ngắn mạch tối thiểu

$I_k = 5,52 \text{ kA}$;

7.6. Bảo vệ dòng cực đại: $I_{Role} = 5 \text{ A}$; $I_{kd.CD} = 400 \text{ A}$; $k_{nh} = 3,39$;

Bảo vệ cắt nhanh: $I_{Role} = 23,5 \text{ A}$; $I_{kd..CN} = 1880 \text{ A}$;

Dòng ngắn mạch tối thiểu $I_{kmin} = 3,76 \text{ kA}$;

7.7.

Tham số tính toán	Ký hiệu	Bảo vệ 1	Bảo vệ 2	Bảo vệ 3
Hệ số biến dòng.	n_i	40	80	120
Dòng khởi động của role	$I_{kd.R}$	5,49	5,15	7
Dòng đặt của role	I_R	5,5	5,5	7
Dòng kd thực tế của bảo vệ	$I_{kd.bv}$	220	440	840
Độ nhạy	k_{nh}	7,67	5,5	3,2
Thời gian tác động, s	t_{bv}	0,57	1,0	1,43

$I_{k1} = 7,48 \text{ kA}$; $I_{k2} = 2,08 \text{ kA}$; $I_{Role} = 7 \text{ A}$; $I_{kd.bv} = 560 \text{ A}$; $k_{nh} = 3,23$;

$$I_{cc} = 224,38 < I_{l.BI} = 400$$

$$I_{k1} = 9,7 \text{ kA}; I_{k2} = 1,54 \text{ kA}; I_{R_{olc}} = 23 \text{ A}; I_{kd.bv} = 1840 \text{ A};$$

$$k_{nh} = 2 \text{ đối với dòng ngắn mạch } I_k = 3,68 \text{ kA}; \quad I_{cc} = 291 < I_{l.BI} = 400$$

$$7.10., I_{R_{olc}} = 1 \text{ A}; I_{kd.bv} = 80 \text{ A}; k_{nh} = 9,47;$$

$$7.11, I_{R_{olc}} = 4,5 \text{ A}; I_{kd.bv} = 720 \text{ A}; k_{nh} = 2,59;$$

$$7.12, I_{R_{olc}} = 7,5 \text{ A}; I_{kd.bv} = 3464 \text{ A}; k_{nh} = 5,58;$$

$$7.13, I_{R_{olc}} = 16 \text{ A}; I_{kd.bv} = 1847,52 \text{ A}; k_{nh} = 3,26;$$

$$7.14, \text{ Bảo vệ so lệch máy phát: } I_{R_{olc}} = 12,5 \text{ A}; I_{kd.sl} = 288,67 \text{ A}; k_{nh} = 5,57;$$

$$\text{Bảo vệ máy biến áp: - So lệch: } I_{R_{olc}} = 1,5 \text{ A}; I_{kd.sl} = 450 \text{ A}; k_{nh} = 2,69;$$

$\omega = 1$ vòng.

$$\text{- Cắt nhanh: } I_{R_{olc}} = 6 \text{ A}; I_{kd.CN} = 1800 \text{ A};$$

$$\text{- Quá tải: } I_{R_{olc}} = 1,2 \text{ A}; I_{kd.qt} = 360 \text{ A};$$

Bảo vệ máy biến áp tự dòng: dòng khởi động của cầu chảy $I_{kd.CC} = 7 \text{ A};$

Chương 8 – Bảo vệ chống quá điện áp

$$8.1, r_x = 8,22 \text{ m}$$

$$8.2, r_x = 7,97 \text{ m}$$

$$8.3, r_x = 9,03 \text{ m}; 2b_x = 11,82 \text{ m}; h_0 = 22 \text{ m}$$

$$8.4, r_x = 7,03 \text{ m}; 2b_x = 7,62 \text{ m}; h_0 = 30,69 \text{ m}$$

8.5, Phương án 1 cần xây dựng cột thu lôi với chiều cao là $h = 21,55 \text{ m};$

Phương án 2 xây dựng 2 cột thu lôi ngay trên các thiết bị cần bảo vệ do đó

chiều cao cần thiết của cả 2 cột thu lôi chỉ là $h = 2 \times 7,25 = 14,5 < 21,55 \text{ m}$

Vậy phương án 2 có hiệu quả cao hơn

8.6, Pa.1 cần xây dựng cột thu lôi với chiều cao là $h = 35,18 \text{ m};$

Pa.2 xây dựng 2 cột thu lôi ngay trên các thiết bị cần bảo vệ do đó chiều cao cần thiết của cả 2 cột thu lôi chỉ là $h = 2 \times 7,48 = 14,96 < 35,18 \text{ m}$

Vậy phương án 2 có hiệu quả cao hơn

8.7, Pa.1 Dùng 4 cột thu lôi đặt ở 4 góc chiều cao mỗi cột $h = 3 \text{ m}$ so với bề mặt

nóc nhà: $r_x = 2,57\text{m}$; $h_{01} = 20,07$; $h_{02} = 21,91$; $b_{x1} = 0,12$; $b_{x2} = 2\text{ m}$; $h_{\Sigma} = 12\text{ m}$

Pa.2 Dừng 6 cột thu lôi cao 1,5 m xây dựng theo 2 dãy:

$r_x = 1,32\text{ m}$; $h_{01} = 20,14$; $h_{02} = 21,6$; $b_{x1} = 0,21$; $b_{x2} = 0,65\text{ m}$; $h_{\Sigma} = 9,6\text{ m}$

Vậy phương án 2 có hiệu quả kinh tế cao hơn

8.8, $r_x = 3,52\text{m}$; $h_{01} = 20,35$; $h_{02} = 20,41$; $b_{x1} = 2,94$; $b_{x2} = 2,97\text{ m}$; không thể bảo vệ an toàn vì vùng bảo vệ không được phủ kín

8.9, Nếu dùng 1 dây chống sét thì cần phải treo cao $h = 20,8\text{ m}$;

nếu dùng 2 dây thì chiều cao treo dây là 16,9 m

Chương 9 – Nâng cao CLĐ

9.1, Xác suất chất lượng $p_{cl} = 0,987$; thời gian chất lượng: $t = 23,69\text{ h}$.

9.2, a, Xác suất chất lượng $p_{cl} = 0,639$; thời gian chất lượng: $t = 15,33\text{ h}$.

b, Xác suất chất lượng $p_{cl} = 0,342$; thời gian chất lượng: $t = 8,22\text{ h}$.

9.3, Xác suất chất lượng $p_{cl} = 0,656$; thời gian chất lượng: $t = 15,75\text{ h}$.

9.4, Xác suất chất lượng $p_{cl} = 0,441$; thời gian chất lượng: $t = 10,56\text{ h}$.

9.5, $\Delta U = 24,95\text{V}$; $p_{cl} = 0,232$

9.6, $\Delta U = 25,66\text{V}$; $p_{cl} = 0,307$

9.7, $k_{kdx} = 2,82\%$; $k_{kcb} = 0,75\%$;

9.8, $k_{kdx} = 2,81\%$; $k_{kcb} = 3,37\%$;

9.9, $k_{kdx} = 11,5\%$; $k_{kcb} = 16\%$

9.10, $k_{kdx} = 23,1\%$

9.11, $U_{pa} = 111,97\text{ kV}$; $U_{pa}\% = -2,63\%$ chọn nấc - 2,5%

9.12, $U_{pa} = 36,15\text{ kV}$; $U_{pa}\% = 3,3\%$ chọn nấc + 2,5%

9.13, $E = 5\%$

9.14, $E = 2,5\%$

9.15, $E = 5\%$

9.16, $Q_b = 74,09\text{ kVAr}$, chọn tụ bù tĩnh loại KKY-0,38-I có $Q = 80\text{ kVAr}$;

9.17, $Q_f = 20,4\text{ kVAr}$, chọn 7 tụ bù dọc loại KIIM 0,6-12,5-1 mắc song song trên

mỗi pha với điện trở tổng hợp của bộ tụ là $X_C = 2,69 \Omega$

9.18, a, $\Delta U = 30,6\%$; b, $\Delta U = 21,57\%$; c, $\Delta U = 21,85\%$; $p_{cl} = \text{DDTC}$

Chương 10 - Độ tin cậy cung cấp điện

10.1, $p = 0,526$; $q = 0,474$; $t_i = 12,16 \text{ h}$; $t_p = 1,555$; $k_d = 0,338$; $A_{th} = 900 \text{ kWh}$

10.2, $p = 0,796$;

10.3,

T.thái	1	2	3	4
C.suất giảm	0	50	75	125
Xác suất	0,9506	0,0214	0,0274	0,0006

10.4, $J_{th} = 0,039$;

10. 5. $J_{th} = 0,05$; $A_{th} = 94883,23 \text{ kWh}$;

10. 6. $Y_1 = 0,294 \cdot 10^6$; $Y_2 = 20,07 \cdot 10^6$; $Y_3 = 0,203 \cdot 10^6$; $Y_\Sigma = 20,567 \cdot 10^6 \text{ đ.}$;

10.7. Đặt 1 cơ cấu phân đoạn sau điểm nút 1; hiệu quả phân đoạn $E_1 = 1615,36 \cdot 10^3 \text{ đ.}$;

hiệu quả kinh tế $E_{kt} = 60,36 \cdot 10^3 \text{ đ.}$

Chương 11 – Chế độ làm việc kinh tế

11.1, $\Delta P = 16,52 \text{ kW}$

11.2, $\Delta P = 6,01 \text{ kW}$;

11.3, $\Delta A_1 = 62,8 \text{ kWh}$; $\Delta A_2 = 65,1 \text{ kWh}$; $\Delta A_3 = 73,2 \text{ kWh}$; $s = 3,66\%$

11.4, $\Delta A_d = 204,62 \text{ kWh}$; $\Delta A_{cu} = 307,48 \text{ kWh}$; $\Delta A_{tc} = 123,57 \text{ kWh}$; $\Delta A_\Sigma = 635,67$; $\Delta A_\Sigma\% = 4,65\%$

11.5, $S_{gh1} = 3,44 \text{ MVA}$ và $S_{gh2} = 12,85 \text{ MVA}$

11.6, $S_{gh1} = 11,24 \text{ MVA}$ và $S_{gh2} = 19,48 \text{ MVA}$; $S_{gh3} = 27,55 \text{ MVA}$;

11.7, $Q_C = 79,45 \text{ kVAr}$;

11.8, $Q_C = 45 \text{ kVAr}$

11.9, $Q_b = 43,54 \text{ kVAr}$; chọn tụ có công suất $Q_C = 40 \text{ kVAr}$

11.10, $Q_{b1} = 42 \text{ kVAr}$; $Q_{b2} = 7,8 \text{ kVAr}$; chọn tụ $Q_{C1} = 40 \text{ kVAr}$; $Q_{C2} = 10 \text{ kVAr}$;

11.11, $Q_{b1} = 77,34 \text{ kVAr}$; $Q_{b2} = 46,25 \text{ kVAr}$; $Q_{b3} = 26,40 \text{ kVAr}$.

11.12. $\Delta K = 1345,57 \cdot 10^3 \text{ d}$.

11.13. $P_1 = 345,26 \text{ MW}; P_2 = 304,74 \text{ MW}; T = 50,41 \cdot 10^6 \text{ d/h}$;

11.14.

Tổ máy	1	2	3	4	Σ
P, MW	90,028	77,593	83,904	98,476	350
Z. 10^6 d/h	11,776	11,323	12,088	13,150	48,337

11.15. $P_1 = 91,19 \text{ MW}; P_2 = 105,61 \text{ MW}; T = 284,42 \text{ TOE/h}$;

11.16. $P_1 = 328,39 \text{ MW}; P_2 = 163,61 \text{ MW}; T = 447,923 \text{ TOE/h}$;

Chương 12 – Kỹ thuật chiếu sáng

12.1. $E_1 = 64,32 \text{ lx}; E_2 = 34,02 \text{ lx}; L_p = 8,12 \text{ cd/m}^2; l_c = 2600 \text{ cd/m}^2$

12.2. $E_1 = 56 \text{ lx}; E_2 = 31,26 \text{ lx}; L_p = 7,46 \text{ cd/m}^2; l_c = 1245,22 \text{ cd/m}^2$

12.3. $E_1 = 528,54 \text{ lx}; E_2 = 82,79 \text{ lx}; L_p = 17,32 \text{ cd/m}^2$;

12.4. $E_1 = 95,51 \text{ lx}; E_2 = 13 \text{ lx}; L_p = 2,69 \text{ cd/m}^2$;

12.5. $E_p = 47,92 \text{ lx}; E_q = 32,77 \text{ lx}$;

12.6. $E_p = 81,39 \text{ lx}; E_q = 51,6 \text{ lx}$;

12.7. $E_p = 78,05 \text{ lx}; E_q = 52,91 \text{ lx}$;

12.8. $E_p = 90,87 \text{ lx}; E_q = 55,54 \text{ lx}$;

12.9. $E_p = 90,63 \text{ lx}; E_q = 57,39 \text{ lx}$;

12.10. $E_p = 74,68 \text{ lx}; E_q = 54,38 \text{ lx}$;

Chương 13 – An toàn điện

13.1. $I_{ng} = 146,67 \text{ mA}$

13.2. $I_{ng} = 9,73 \text{ mA}$

$R_{cd} = 18,6 \text{ k}\Omega$

$I_{ng} = 23,66 \text{ mA}$

a, $I_{ng} = 19,13 \text{ mA}$, b, $33,13 \text{ mA}$

$R_{dc} = 53,28 \Omega$, Số cọc $n = 20$, $F_{min} = 8,6 \text{ mm}^2$

$R_{dc} = 36,67 \Omega$, Số cọc $n = 5$, $F_{min} = 8,6 \text{ mm}^2$

$U_{ix1} = 40,18 \text{ V}$, $U_{ix2} = 100,45 \text{ V}$, $X = 0,23 \text{ km}$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Trần Quang Khánh*. Hệ thống cung cấp điện, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội 2005.
2. *Trần Quang Khánh*. Quy hoạch điện nông thôn, Hà Nội 2003.
3. *Trần Quang Khánh*. Toán ứng dụng chuyên ngành điện, Hà Nội, 1998
4. Sổ tay thiết kế cung cấp điện T.I và T.II (tiếng Nga).
5. Sổ tay kỹ thuật điện (tiếng Nga).
6. Sổ tay thiết kế mạng điện và hệ thống (tiếng Nga).
7. *Biabciotto et Boyrp*. La construction normalisée en électrotechnique. Paris 1985.
8. *Knight M.G*. Power system engineering. Thomas Nelson Australia 1991.
9. *Merlet R*. Technologie d'électricité – General et professionnelle. Tome 1, 2, 3. Dunod Paris 1977.
10. *Power journal*. Magazine of the Power Generation group KWU. Siemens, International Edition.

PHỤ LỤC A

Bảng 1.pl.BT. Giá trị hệ số tham gia vào cực đại k_{im}^i của các phụ tải

Phụ tải	Cực đại ngày	Cực đại đêm
Sản xuất	0.8 ÷ 1	0.4 ÷ 0.6
Sinh hoạt	0.3 ÷ 0.4	0.7 ÷ 1
Chiếu sáng	0.5 ÷ 0.7	0.9 ÷ 1

Bảng 2. pl.BT. Điều kiện để xác định n_{hd}

$k_{sd\Sigma}$	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	> 0.8
k_b	3	3.5	4	5	6.5	8	10	K" g.hạn

Bảng 3.pl.BT. Giá trị hệ số công suất $\cos\varphi$ phụ thuộc vào tỷ lệ P^n/P^d

P^n/P^d	<0.35	0.6	0.85	1.15	1.4	>1.41
$\cos\varphi^n$	0.92	0.88	0.83	0.78	0.76	0.73
$\cos\varphi^d$	0.94	0.91	0.89	0.85	0.80	0.76

Bảng 4.pl.BT. Giá trị của hệ số C

Hệ thống điện áp lưới		Vật liệu	
		Đồng	Nhôm
380/220	Ba pha có dây trung tính	83	50
380/220	Hai pha có dây trung tính	37	22
220	Ba pha	28	16.5
220	Một pha hoặc mạng một chiều	14	8.3
220/127	Ba pha có dây trung tính	28	16.5

Bảng 5.pl.BT. Giá trị của hệ số α phụ thuộc vào cấu trúc của mạng điện

Hệ thống điện áp	Nhánh rẽ	Giá trị của α
3 pha có trung tính	1 pha	1.85
3 pha có trung tính	2 pha	1.39
2 pha có trung tính	1 pha	1.33
3 pha không dây trung tính	2 pha	1.15

Bảng 6. pl.BT. Giá trị của hệ số xung kích phụ thuộc vào tỷ số X/R

X/R	≤1	2	3	4	5	8	10	15	20	30	40	50
k_{xk}	1,03	1,2	1,37	1,48	1,56	1,75	1,88	1,91	1,93	1,93	1,93	1,94

Bảng 7. pl.BT. Các hệ số k_{xk} và q_{xk} phụ thuộc vào vị trí ngắn mạch

Nơi xảy ra ngắn mạch	k_{xk}	q_{xk}
Đầu ra của máy phát cực lõi	1,95	1,68
Đầu ra của máy phát có cuộn cảm	1,93	1,65
Đầu ra của máy phát cực ẩn	1,91	1,63
Trong mạng điện cao áp	1,8	1,52
Sau máy biến áp tiêu thụ công suất: 630÷1000 kVA	1,3	1,09
100 ÷ 560	1,2	1,09
Mạng điện hạ áp	1,2	1,09

Bảng 8.pl.BT. Giá trị của hệ số C_i của một số vật liệu cho trong bảng sau

TT	Vật liệu	$\theta_{c,p} = \theta_{c,l}$ °C	$\theta_{c,l}$ °C	C_i
1	Thanh dẫn đồng (Cu)	70	300	171
2	Thanh dẫn nhôm (Al)	70	200	88
3	Cáp lõi Al cách điện giấy	65	200	85
4	Cáp lõi Al và cách điện polyvinhlin	55	150	75
5	Cáp lõi Al và cách điện polyetylen	65	200	65
6	Cáp lõi đồng	65	200	159

Bảng 9.pl.BT. Giá trị mật độ dòng điện kinh tế j_{kt} của các loại vật liệu dẫn

TT	Vật liệu	Thời gian T_M , h		
		< 3000	3000 ÷ 5000	> 5000
1	Thanh dẫn nhôm A hoặc AC	1,3	1,1	1
2	Cáp lõi nhôm	1,6	1,4	1,2
3	Cáp lõi đồng	3,5	3,1	2,7
4	Thanh đồng	2,5	2,1	1,8

Bảng 10.pl.BT. Nhiệt độ cho phép của lõi cáp phụ thuộc vào điện áp

Điện áp: (kV)	≤ 1	3	6	10	20	35
Nhiệt độ cho phép (θ°C)	80	75	65	60	55	50

Bảng 11.pl.BT. Giá trị ứng suất cho phép của vật liệu dẫn điện

Vật liệu	Đồng MT	Nhôm ATT	Nhôm AT	Thép
σ_{cp} , kG/cm ²	1400	900	700	1600

Bảng 12.pl.BT. Giá trị của hệ số α_m phụ thuộc vào chế độ mở máy động cơ

Đặc điểm khởi động	Nặng nề	Ngăn hạn	Nhe
Giá trị của α_m	1.6	2	2.5

Bảng 13.pl.BT. Giá trị của bội số dòng điện cho phép k_{hv}

Giá trị dòng điện khởi động của thiết bị bảo vệ I_{kd}	Mạng điện cần bảo vệ quá tải			Mạng điện không cần bảo vệ quá tải
	Dây cách điện cao su		Cáp cách điện giấy	
	Nơi đặt có nguy cơ hoá hoạn	Nơi đặt bình thường		
Dòng định mức dây cháy	1,25	1	1	0,3
Dòng kd của Apt. chỉ có bộ phận tác động nhanh	1,25	1	1	0,22
Dòng d.mức của móc bảo vệ không điều chỉnh	1	1	1	1
I_n của móc bảo vệ có điều chỉnh phụ thuộc ngược	1,0	1,0	0,8	0,66

Bảng 14.pl.BT. Giá trị gia tăng điện áp khi đặt tụ bù 0,4 kV

BA 35/10 kV			Đường dây		
Các phần tử	Điện trở kháng của các phần tử X, Ω	$v_h\%$	Các phần tử	X, Ω/km	$v_h\%/km$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1000 kVA	78,3	0,64	0,4 kV	0,3	21
1600	49,1	0,4	6	0,38	0,4
2500	31,5	0,26	10	0,38	0,038
4000	22,8	0,19	35	0,4	0,0033
6300	14,5	0,12	Cáp		
BA 10/0,4			0,4	0,06	4,2

Bảng 14.pl.BT (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
100	40,5	4,1	10	0,08	0,008
160	20,2	2,6	22	0,10	0,006
250	17	1,7	35	0,12	0,005
400	10,7	1,07			
630	8,52	0,85			

Bảng 15.pl.BT. Thông số về độ tin cậy của các phần tử mạng điện (thời gian 1 năm)

Phần tử	1 km đường dây kV					BATG		BATT			T.bị phân phối	
	110	35	10	0,4	cáp 0,4	110/35	35/10	10/0,4	35/0,4	10/0,4	T.củ	MC
$\lambda \cdot 10^{-3}$	50	43	30	350	80	80	50	15	20	50	65	7
τ_h	6	12	12	4	12	165	150	90	100	15	4	8

Bảng 16.pl.BT. Các chỉ tiêu kinh tế của cơ cấu phân đoạn

Chỉ tiêu kinh tế	Cơ cấu phân đoạn				Tủ K-36
	BMHA 10/15	BMHA10/60	BC-10.32.0.8	BC-10.63.2.5	
V, 10 ³ d	6395	7485	6680	7545	11050
C, 10 ³ d	682	557	700	660	976
z, 10 ³ d	1450	1555	1500	1566	2300

Bảng 17.pl.BT. Suất thời gian mất điện đẳng trị của các phần tử mạng điện

Đường dây, h/km.năm				Trạm biến áp, h/năm	
110 kV	35 kV	10÷22 kV	0,4 kV	T.G	TT
0,5	0,55	0,6	2,5	12	24

Bảng 18.pl.BT. Độ rọi yêu cầu của một số địa điểm chiếu sáng

Nội thất chiếu sáng	E_{yc}, lx	Nội thất chiếu sáng	E_{yc}, lx
Văn phòng	150÷200	Phòng đọc	200÷250
Phòng thiết kế, vẽ	250÷300	Giảng đường	200÷250
Phòng chờ	100÷150	Nhà xưởng	50÷100
Hành lang, cầu thang	50÷100	Nhà bếp	50÷100

Bảng 19.pl.BT. Độ rọi yêu cầu (Theo AFE - Hội chiếu sáng Pháp)

Loại chiếu sáng	E_{yc}, lx	Loại công việc hoặc hoạt động
Chung, nơi hoạt động gián đoạn	20÷30	Tối thiểu cho lối đi bên ngoài
	30÷45	Sân và kho
	50÷75	Bãi xe, lối đi, hành lang
	100	Bến cảng, bến xe, nơi bốc dỡ hàng
	150	Cửa hàng
Chung, nơi làm việc liên tục	200	Tối thiểu khi phải nhìn chi tiết,
	300	Cơ khí thô, đọc, viết
	500	Cơ khí trung bình, đánh máy, in.
	750	Phòng vẽ
	1000	Cơ khí tinh, chạm khắc, so sánh màu

Bảng 20.a.pl.BT. Vốn đầu tư của một số loại thiết bị điện

TT	Tên thiết bị	Mã hiệu	Quy cách	Đơn vị	Đơn giá, 10^3d
1	Chống sét van	PB	$U=10\div22 kV$	Bộ	1000÷ 2000
2	Dao cách ly		$U=10\div22 kV$	Bộ	800÷ 2600
3	Vỏ tủ điện			Cái	1000
4	Ampe kế		0-200 A	Cái	400
5	Vôn kế		0-500 V	Cái	310
6	Công tơ 3 pha			Cái	600
7	Đồng thanh cái	M,50x6		kg	60
8	Sứ thanh cái			Cái	50
9	Bộ giàn trạm			Bộ	3500
10	Cọc tiếp địa	$\Phi 5,6$		Cọc	100
11	Thanh nối tiếp địa	50x6		M	15

Bảng 20.bpl. BT. Máy biến dòng

Loại	U_n , kV	I_n , A	S_{n2} , VA	Đơn giá
TKM-0,5	0,5	5;10;15;20;40;50;100; 200; 400;800	20	300÷ 1000
TKЛ- 0,5	0,5	5÷300	20	350÷ 650
ТВЛМ-10	10	20;30;50;100;150;200;300;400;600; 800; 1000;1500	10	2200
ТПЛК-10	10	10÷1000	10	2000
ТЛМ-10-1	10	50÷ 1500	10	
ТШВ-24	24	10÷2400		2500
ТПОЛ-35	35	400	15	2700
		600	20	
		800	30	
		1000	50	

Bảng 20.c.pl.BT. Cầu chảy hạ áp

Loại	Dòng định mức I_n , A	Dòng định mức của dây chảy, I_{dc} , A	Đơn giá
ПР-2	15;	6;10;15	50
	60;	15;20;25;35;45;60;	
	100;	60;80;100	
	200;	100;125;160;200;	
	350;	200;225;260;300;350;	
	600;	350;430;500;600;	
	1000	600;700;800;1000	
НПН	60	15;20;25;35;45;60	40
ПН2-100/ II	100	30;40;50;60;80;100	50
ПН2-250/ II	250	80;100;120;150;200;250	55
ПН2-400/ II	400	200;250;300;400	65
ПН2-600/ II	600	300;400;500;600	75

Bảng 20.d.pl. BT. Cầu chảy cao áp

Loại	U_n , kV	I_n , A	Đơn giá
ПК, ПКII, ПКЭ	10	5;8;10; 16; 20;30;50;75;100;200	1200
ПКТ; ПКЭ	22	2;5;8;10;16;20;31,5;40;50	1700
ПКТ; ПКЭ	35	2;5;8;10;16;20;31,5;40;50	2100

Bảng 31.pl. Thông số kỹ thuật của Aptomat

		Do hãng Merlin Gerin (Pháp) chế tạo			Đơn giá
Loại	Số cực	U_n , V	I_n , A		
V40II	1+N	240	40	180	
C60a	3	440	40	270	
NC 100II	3	440	100	380	
NC 100L	3	440	100	402	
NC 125H	3	415	125	680	
C 100E	3	500	100	450	
NS 225E	3	500	225	1100	
NS 400E	3	500	400	2200	
NS 600E	3	500	600	3600	
		Do Nhật Bản chế tạo			
EA52G	2	380	10;15;20;30;40;50	350	
EA103G	3	380	60;75;100	600	
EA103G	3	380	125;160;175;200;225	1250	
SA403-II	3	380	250;300;350;400	2300	
SA603-II	3	380	500;600	4020	

Bảng 20.e pl.BT. Aptomat

				Dạng	I_n , A	Đơn giá, 10^3 đ
АП50-3МТ	3	380	1,6 ÷ 50	h.hợp	1 ÷ 50	370
АП50-3Т	3	380	1,6 ÷ 50	Nhiệt	1 ÷ 50	350
A3161	1	220	50	Nhiệt	15;20;25	270
A3162	2	380			30;40;50	550
A3163	3	380			60	660
A3113/1	2	500	100	Tổng hợp	15	680
A3114/1	3				20;25;30;40 50;60;80;100	2000
A3123	2	500	100	Tổng hợp	15;20;25;30	2200
A3124	3				40;50;60;80;100	2500
A3133	2	220	200	Tổng hợp	120	3000
A3134	3	500			150 200	3200
A3143	2	220	600		300	3500

Bảng 20.f pl.BT. Khởi động từ

Kiểu	Dòng định mức, A		Kiểu	Dòng định mức, A		Đơn giá, 10^3 đ
	Mạch chính	Role nhiệt		Mạch chính	Role nhiệt	
ПМЕ-111	10	0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10	ПМЕ-211	25	5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	1500
ПМЕ-311	40	12,5; 16; 20; 25; 32	ПМЕ-411	63	25; 30; 40; 50; 60	1800
ПМЕ-511	110	50; 60; 80	ПМЕ-611	146	100; 120; 150	2500
ПМЕ-312	40	12,5; 16; 20; 25; 32;	ПМЕ-412	63	25; 30; 40; 50; 60	200
ПМЕ-512	110	50; 60; 80; 100	ПМЕ-612	146	100; 120; 150	2800

Bảng 29.i pl. BT. Tự điện

Loại	U _n , kV	Q _n , kVAr	Loại	U _n , kV	Đơn giá, 10 ³ đ
Do Nga sản xuất					
KM1-0,22	0,22	4; 5; 6; 8	KC1-0,38-20-3Y1	0,38	1600
KM1-0,38	0,38	6 ÷ 13	KC1-0,66-20-3Y1	0,66	2600
KM1-0,5	0,5	13	KC1-10,5-37,5-2Y3	10,5	2200
KC1-0,22-8-3Y1	0,22	8	KC2-0,38-40-3Y3	0,38	1600
KC1-0,22-14-3Y1	0,22	14	KC2-0,38-50-3Y3	0,38	3500
KC1-0,5-14-3Y1	0,5	14	KC2-22-60-2Y1	22	3000
KC1-0,38-14-3Y1	0,38	14	KC2-22-75-2Y3	22	3500
KC1-0,38-36-3Y1	0,38	36	KKY- 0,38-I	0,38	72000
KC2-0,22-12-3Y1	0,22	12	KKY- 0,38-III	0,38	24000
KC2-0,38-28-3Y1	0,38	28	KKY- 0,38-V	0,38	56000
KC2-0,5-28-3Y1	0,5	28	KY- 10-I	10	56000
KC2-0,66-40-3Y3	0,66	40	KY- 10-II	10	80000
KC2-0,5-36-3Y3	0,5	36	KYH- 10-II	10	72000
KC2-0,66-40-3Y3	0,66	40	YK-0,38-110H	0,38	80000
KC1-0,38-25-3Y3	0,38	25	YK-0,38-330H	0,38	50000
KM2-6,3-12-3Y1	6,3	12	YK-10-900	10	19200
KM2-10,5-12-3Y1	10,5	12	KM2-0,5-25.Y	0,5	19200
KM2-6,3-24-3Y1	6,3	24	KM1-10,5-15-Y	10,5	38400
KM2-10,5-24-3Y1	10,5	24	KM2-6,3-24-Y1	6,3	38400
KM2-0,38-25.Y	0,38	25	KM2-10,5-22,5	10,5	5000

PHỤ LỤC B

Bảng 1.pl. Số gia phụ tải điện

Mạng điện hạ áp					Mạng cao áp				
<i>P</i>	ΔP	<i>P</i>	ΔP	<i>P</i>	ΔP	<i>P</i>	ΔP	<i>P</i>	ΔP
0,3	0,15	52	35,79	440	345,90	5	3,10	1000	856,06
0,4	0,20	54	37,25	460	362,60	10	6,48	1050	901,40
0,6	0,31	56	38,72	480	379,35	15	9,97	1100	946,86
0,8	0,42	58	40,19	500	396,13	20	13,54	1150	992,44
1,0	0,53	60	41,67	520	412,96	25	17,16	1200	1038,14
2,0	1,11	65	45,37	540	429,82	30	20,83	1250	1083,93
3,0	1,71	70	49,09	560	446,73	40	28,27	1300	1129,84
4,0	2,32	75	52,83	580	463,67	50	35,82	1350	1175,84
5,0	2,95	80	56,58	600	480,64	60	43,47	1400	1221,94
6,0	3,58	85	60,35	620	497,65	70	51,19	1450	1268,13
7,0	4,22	90	64,13	640	514,68	80	58,98	1500	1314,41
8,0	4,87	100	71,73	680	548,86	90	66,83	1550	1360,78
9,0	5,52	110	79,38	700	565,99	100	74,73	1600	1407,24
10,0	6,18	120	87,07	720	583,15	120	90,67	1650	1453,77
12,0	7,51	130	94,80	740	600,34	140	106,76	1700	1500,39
14,0	8,85	140	102,56	780	634,80	160	122,99	1750	1547,08
16,0	10,20	150	110,36	800	652,06	180	139,34	1800	1593,85
18,0	11,57	160	118,19	820	669,36	200	155,80	1850	1640,69
20,0	12,94	170	126,05	840	686,68	240	189,00	1900	1687,60
22,0	14,32	180	133,94	860	704,02	280	222,52	1950	1734,58
24,0	15,71	190	141,86	880	721,39	320	256,32	2000	1781,63
26,0	17,11	200	149,80	900	738,78	360	290,37	2100	1875,93
28,0	18,52	220	165,75	920	756,19	400	324,63	2200	1970,47
30,0	19,93	240	181,80	940	773,63	450	367,74	2300	2065,26
32,0	21,35	260	197,92	960	791,09	500	411,13	2400	2160,28
34,0	22,77	280	214,12	980,00	808,56	550	454,77	2500	2255,52
36,0	24,20	300	230,38	1000,00	826,06	600	498,64	2600	2350,98
38,0	25,63	320	246,72	1050,00	869,90	650	542,72	2700	2446,64
40,0	27,07	320	246,72	1100,00	913,86	700	586,99	2800	2542,50
42,0	28,51	340	263,11	1150,00	957,94	750	631,44	2900	2638,55
44,0	29,96	460	362,60	1200,00	1002,14	800	676,06	3000	2734,78
46,0	31,41	380	296,07	1300,00	1090,84	850	720,85	3200	2927,79
48,0	32,87	400	312,63	1400,00	1179,94	900	765,78	3400	3121,46
50,0	34,32	420	329,24	1500,00	1269,41	950	810,85	3600	3315,77

Bảng 2.pl. Định mức tiêu thụ điện cho dịch vụ công cộng

Điểm cấp điện	Định mức		k_{dl} ở thời điểm cực đại	
	đơn vị	giá trị	ngày	đêm
Chiếu sáng đường	W/m	1 ÷ 3	0	1
Trường học, nhà trẻ	W/m ²	15 ÷ 20	0,75	0,4
Nhà văn hoá	W/m ²	12 ÷ 15	0,35	1
Trụ sở uỷ ban	W/m ²	12 ÷ 15	0,8	0,45
Cửa hàng	W/m ²	8 ÷ 10	0,4	1
Trạm xá	W/m ²	20 ÷ 30	0,55	0,9
Bệnh viện	W/giường	200 ÷ 300	0,7	1
Chiếu sáng công nghiệp	W/m ²	12 ÷ 20	0,8	1

Bảng 3.pl. Định mức sử dụng điện trong thủy lợi và sinh hoạt

Định mức điện thủy lợi kW/ha		
Vùng	Tưới	Tiêu
Đồng bằng	0,07÷0,12	0,28÷0,37
Trung du	0,11÷0,16	
Miền cao	0,13÷0,21	
Định mức sử dụng điện sinh hoạt của các vùng sinh thái,		
TT	Vùng	P ₀ , W/hộ
1	Đô thị	1000÷1500
2	Ven đô, thị trấn, thị tứ	600÷1000
3	Đồng bằng	300÷500
4	Trung du	200÷300
5	Miền núi	150÷250

Bảng 4.pl. Hệ số nhu cầu của thang máy dùng cho chung cư cao tầng

Số tầng	SỐ LƯỢNG THANG MÁY											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
6 ÷ 7	1	0,85	0,7	0,6	0,55	0,5	0,45	0,42	0,4	0,38	0,3	0,27
8 ÷ 9	1	0,9	0,75	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45	0,42	0,4	0,33	0,3
10 ÷ 11	-	0,95	0,8	0,7	0,63	0,56	0,52	0,48	0,45	0,42	0,35	0,31
12 ÷ 13	-	1	0,85	0,73	0,65	0,58	0,55	0,5	0,47	0,44	0,38	0,34
14 ÷ 15	-	1	0,97	0,85	0,75	0,7	0,66	0,6	0,58	0,56	0,43	0,37
16 ÷ 17	-	1	1	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,47	0,4
18 ÷ 19	-	-	1	1	0,9	0,8	0,75	0,7	0,67	0,63	0,52	0,45
20 ÷ 24	-	-	1	1	0,95	0,85	0,8	0,75	0,7	0,66	0,54	0,47
25 ÷ 30	-	-	1	1	1	1	0,9	0,85	0,8	0,75	0,62	0,53
30 ÷ 40	-	-	1	1	1	1	0,93	0,87	0,82	0,78	0,64	0,55

Bảng 5.pl. a, Một số tham số kinh tế của mạng điện

TT	Tham số	Nhà máy điện		Trạm BA	Đường dây	
		Nhiệt điện	Thủy điện		cao áp	hạ áp
1	k _{O&M} %	2÷5	1,5 ÷ 2	2 ÷ 2,5	1,5 ÷ 2	
2	k _{kh} %	5÷7	3÷5	6,4	2,5	3,6
3	T _{ic} , năm	25 ÷ 30	40÷50	25 ÷ 30	20÷25	10÷15

Bảng 5.pl. b. Suất vốn đầu tư đường dây phân phối (10⁶ đồng/km)

AC	35	50	70	95	120	150	185	240	300
35 kV	85,45	90,72	97,76	115,79	135,8	142,4	153,1	165,6	178,3
22	80,75	84,25	90,43	98,57	115,2	123,4	137,8	149,5	160,2
15	78,32	82,27	87,5	90,53	108,7	115,8	127,2	138,9	151,4
10	63,93	67,27	73,64	81,51	92,75	98,5	104,6	113,7	125,6

Bảng 5.pl.c. Tỷ trọng thành phần giá điện trong hệ thống %

Đến TC NMD	Lưới 220÷500kV	Lưới 110 kV	Lưới phân phối
45 ÷ 50	9 ÷ 12	6 ÷ 8	30 ÷ 35

Bảng 5.pl.d. Suất vốn đầu tư trung bình xây dựng đường dây cung cấp

Lưới điện: kV	500	220	110
V: 10 ³ US\$/km	126,67	88	45

Bảng 6.pl. Suất vốn đầu tư đường dây hạ áp 0,38 kV (10⁶ đồng/km)

A	16	25	35	50	70	95	120	150	185
Bốn dây	32,56	35,8	38,48	41,82	47,55	55,55	66,65	78,92	83,67
Ba dây	30,07	32,76	34,5	37,23	41,25	47,52	55,77	65,07	68,95
Hai dây	27,86	29,67	30,82	32,64	35,51	39,51	45,0	51,19	54,32

Bảng 7.pl. Giá cáp hạ áp (10⁶ đồng/km)

F (mm ²)	Mức hở							
	Ruột nhôm bốn lõi				Ruột đồng bốn lõi			
	CVV	PVC	ABBG	ABPG	ACB	CB	XLPE	BPB
2,5	16,89	22,18	21,33	14,67	17,86	28,56	21,67	17,68
4	23,65	28,78	27,62	20,12	22,68	32,78	25,34	22,44
6	32,76	44,28	42,3	25,76	38,92	49,28	42,28	35
10	35,56	49,06	46,54	30,52	44,52	56	46,76	37,8
16	38,92	55,56	51,88	35,84	53,2	67,48	53,76	44,24
25	48,72	65,7	60,64	45,92	70,56	84,84	64,96	55,16
35	55,16	74,44	69,66	53,2	83,44	102,76	79,24	66,64
50	60,76	84,04	80,94	64,4	103,04	127,4	98,28	82,6
70	69,72	95,88	93,06	73,92	126,56	156,24	124,88	109,48
95	84,28	121,26	109,98	92,96	161	196	153,72	137,2
120	92	138,18	133,104	107,8		239,4	191,52	176,12
150	105,84	169,2	166,94	127,96		296,8	236,32	221,2
185	117,6	185,56	189,78	177,52		309,96	294,56	275,52

Bảng 7.pl. (tiếp theo)

F (mm ²)	Mức trong hào cáp							
	Ruột nhôm bốn lõi				Ruột đồng bốn lõi			
	CVV	PVC	ABBG	ABPG	ACB	CB	XLPE	BPB
2.5	18.83	17.88	19.34	20.45	20.04	32.87	30.88	26.57
4	22.5	21.70	23.02	25.67	24.14	47.58	45.72	33.67
6	37.44	35.52	39.28	40.46	40	64	61.12	51.2
10	41.6	37.12	51.87	53.54	43.2	72.64	69.76	62.08
16	47.36	40.32	57.88	62.34	49.6	86.72	83.52	76.8
25	55.68	46.72	66.24	70.24	60.48	103.04	99.2	99.2
35	60.48	51.52	75.52	81.34	76.48	124.16	124.8	121.6
50	67.2	59.84	86.08	89.6	91.2	156.8	153.6	150.4
70	78.08	71.68	89.24	93.16	113.28	195.2	188.8	185.6
95	93.12	85.76	108.74	112.64	141.44	233.6	227.2	236.8
120	104.96	97.6	127.6	131.76	177.92	286.08	278.4	281.6
150	124.8	112.32	145.6	152.8	215.36	349.44	345.6	339.2
185	145.92	134.4	166.7	175.84	230.72	368.96	374.4	409.6

Bảng 8.pl. Giá cáp cao áp (10⁶ đồng/km)

Cáp 10 kV

F (mm ²)	Mức hở					Mức trong hào cáp				
	Lõi nhôm			Lõi đồng		Lõi nhôm			Lõi đồng	
	AABG	AASb	ACBG	Asb	CBG	AABG	AASb	ACBG	Asb	CBG
16			116.16		134.4	89.46		128.1		138.6
25			131.04		147.42	95.76		135.24		155.4
35			146.16		172.2	108.36		151.2		176.4
50	118.44	118.86	170.1	174.3	239.4	119.28	105	176.4	160.86	235.2
70	131.46	138.6	189.84	211.26	281.4	134.82	122.64	236.46	197.4	294
95	155.4	155.4	215.46	256.2	337.26	159.6	142.8	260.4	241.5	344.4
120	172.2	176.4	235.2	299.88	399	180.6	163.8	281.4	285.6	403.2
150	199.5	194.46	277.2	354.06	458.64	205.8	184.8	310.8	336	472.1
185	231.84	228.48	331.8	424.62	499.8	235.2	210	344.4	407.4	508.2
240	268.8	262.92	340.2	526.26	600.6	273	243.6	378	504	609

Cáp 22 kV

16			116.16		134.4	89.46		128.1		138.6
25			131.04		147.42	95.76		135.24		155.4
35			146.16		172.2	108.36		151.2		176.4
50	118.44	118.86	170.1	174.3	239.4	119.28	105	176.4	160.86	235.2
70	131.46	138.6	189.84	211.26	281.4	134.82	122.64	236.46	197.4	294
95	155.4	155.4	215.46	256.2	337.26	159.6	142.8	260.4	241.5	344.4

Bảng 8.pl. (tiếp theo)

F (mm ²)	Mắc hở					Mắc trong hào cáp				
	Lõi nhôm			Lõi đồng		Lõi nhôm			Lõi đồng	
	AABG	AASb	ACBG	Asb	CBG	AABG	AASb	ACBG	Asb	CBG
120	172.2	176.4	235.2	299.88	399	180.6	163.8	281.4	285.6	403.2
150	199.5	194.46	277.2	354.06	458.64	205.8	184.8	310.8	336	472.1
185	231.84	228.48	331.8	424.62	499.8	235.2	210	344,4	407,4	508.2
240	268.8	262.92	340.2	526.26	600.6	273	243.6	378	504	609

Cáp 35 kV

16	134,4			380,8		289,68		414,8		448,8
25	147,42			424,32		310,08		437,92		503,2
35	172,2			473,28		350,88		489,6		571,2
50	239,4	383,52	384,88	550,8	564,4	386,24	340	571,2	520,88	761,6
70	281,4	425,68	448,8	614,72	684,08	436,56	397,12	765,68	639,2	952
95	337,26	503,2	503,2	697,68	829,6	516,8	462,4	843,2	782	1115,2
120	399	557,6	571,2	761,6	971,04	584,8	530,4	911,2	924,8	1305,6
150	458,64	646	629,68	897,6	1146,5	666,4	598,4	1006,4	1088	1528,6
185	499,8	750,72	739,84	1074,4	1375	761,6	680	1115,2	1319,2	1645,6
240	600,6	870,4	851,36	1101,6	1704,1	884	788,8	1224	1704,1	1972

Bảng 9.pl. Giá máy biến áp tiêu thụ (10⁶ đồng)

TT	S _{nbA} : kVA	10/0,4 kV	22/0,4	35/0,4
1	25	17,5	22,3	
2	30	19,8	27,6	
3	50	31,6	34,6	43,4
4	100	40,8	46,2	50,35
5	180	50,3	52,1	58,34
6	250	58,8	58,8	67,52
7	320	62,5	68,7	74,88
8	400	67,2	71,5	82,17

Bảng 10.pl. Vốn đầu tư trạm biến áp tiêu thụ 10/0,4 và 22/0,4kV (10⁶ đồng)

TT	S _{nbA} : kVA	Trạm 10/0,4 kV				Trạm 22/0,4 kV			
		Trạm một máy		Trạm hai máy		Trạm một máy		Trạm hai máy	
		Tổng	MBA	Tổng	MBA	Tổng	MBA	Tổng	MBA
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	50	60,29	31,6	93,24	63,2	69,59	34,6	112,5	69,2
2	100	69,8	40,8	111,95	81,6	81,5	46,2	135,7	92,4
3	180	81,6	50,3	133,25	100,6	89,7	52,1	152,7	104,2

Bảng 10.pl. (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
4	250	90.1	58.8	150.25	117.6	96.4	58.8	166.1	117.6
5	315	94.4	62.5	158.25	125	106.9	68.7	188	137.4
6	400	99.1	67.2	167.65	134.4	112.7	74.5	196.6	149
7	500	110.4	75.6	187.35	151.2	123	81.9	219.4	163.8
8	560	113.8	77.8	192.95	155.6	124.6	82.3	220.2	164.6
9	630	120.6	82.4	204.35	164.8	133.1	88.6	233.5	177.2
10	750					138.6	92.3	249.4	184.6
11	1000					145.9	97.2	254.1	194.4

Bảng 11.pl. Vốn đầu tư trạm biến áp trung gian (10⁶ đồng)

35/10 kV

S_{BA} : kVA	1000	1800	2500	3200	4000	5600
V. 10 ⁶ đ	400	450	530	750	850	945

110/22 kV

S_{BA} : MVA	10	16	25	40	63	80
V. 10 ⁶ đ	1100	1300	1900	2500	3200	4150

Suất vốn đầu tư trung bình của các trạm biến áp cung cấp

Cấp điện áp, kV	500	220	110
V_{tr} , US\$/MVA	23.93	30.07	53.27

Bảng 12.pl. Thông số kỹ thuật của máy biến áp do ABB chế tạo

S_{BA} : kVA	Điện áp	ΔP_{tr} : kW	ΔP_K : kW	U_k : %	I_{tr} : %
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
31.5	35/0.4	0.15	0.7	4.5	
50	6.3/0.4	0.2	1.25	4.0	7
	10/0.4	0.2	1.25	4.5	8
	22/0.4	0.2	1.25	4.0	8
	35/0.4	0.24	1.25	4.5	8
75	35/0.4	0.28	1.4	4.5	
100	6.3/0.4	0.32	20.5	4.0	6.5
	10/0.4	0.32	2.05	4.5	7.5
	22/0.4	0.32	2.05	4.0	7.5
	35/0.4	0.36	2.05	4.5	8

Bảng 12.pl. (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
160	6,3/0,4	0,5	2,95	4,0	6
	10/0,4	0,5	2,95	4,5	7
	22/0,4	0,5	2,95	4,0	7
	35/0,4	0,53	2,95	4,5	8
180	6,3/0,4	0,53	3,15	4,0	6
	10/0,4	0,53	3,15	4,5	7
	22/0,4	0,53	3,15	4,0	7
	35/0,4	0,58	3,15	4,5	8
250	6,3/0,4	0,64	4,1	4,0	6
	10/0,4	0,64	4,1	4,5	7
	22/0,4	0,64	4,1	4,0	7
	35/0,4	0,68	4,1	4,5	8
315	6,3/0,4	0,72	4,85	4,0	5,5
	10/0,4	0,72	4,85	4,5	6,0
	22/0,4	0,72	4,85	4,0	6,0
	35/0,4	0,8	4,85	4,5	6,5
400	6,3/0,4	0,84	5,75	4,0	5,5
	10/0,4	0,84	5,75	4,5	6,0
	22/0,4	0,84	5,75	4,0	6,0
	35/0,4	0,92	5,75	4,5	6,5
500	6,3/0,4	1,0	7,0	4,0	5,0
	10/0,4	1,0	7,0	4,5	5,5
	22/0,4	1,0	7,0	4,0	5,5
	35/0,4	1,15	7,0	4,5	6,0
630	6,3/0,4	1,2	8,2	4,0	5,0
	10/0,4	1,2	8,2	4,5	5,5
	22/0,4	1,2	8,2	4,0	5,5
	35/0,4	1,3	8,2	4,5	6,0
800	6,3/0,4	1,4	10,5	5,0	4,5
	10/0,4	1,4	10,5	5,5	5,0
	22/0,4	1,4	10,5	5,0	5,0
	35/0,4	1,52	10,5	6,5	5,5
1000	6,3/0,4	1,75	13	5,0	4,5
	10/0,4	1,75	13	5,5	5,0
	22/0,4	1,75	13	5,0	5,0
	35/0,4	1,9	13	6,5	5,5

Bảng 13.pl. Thông số kỹ thuật của máy biến áp do Việt Nam sản xuất

S_{BA} : kVA	Điện áp: kV	ΔP_0 : kW	ΔP_K : kW	U_k : %	I_0 : %
20	6,6/0,4	0,18	0,6	5,5	9
50	6,6/0,4	0,35	1,325	5,5	7
	10/0,4	0,44	1,325	5,5	8
	35/0,4	0,52	1,325	6,5	9
100	6,6/0,4	0,6	2,4	5,5	6,6
	10/0,4	0,73	2,4	5,5	7,5
	35/0,4	0,9	2,4	6,5	8,0
180	6,6/0,4	1,0	4,0	5,5	6
	10/0,4	1,2	4,1	5,5	7
	35/0,4	1,5	4,1	6,5	8
320	6,6/0,4	1,6	6,1	5,5	6
	10/0,4	1,9	6,2	5,5	7
	35/0,4	2,3	6,2	6,5	7,5
560	6,6/0,4	2,5	9,4	5,5	6
	10/0,4	2,5	9,4	5,5	6
	35/0,4	3,35	9,4	6,5	6,5
750	6,6/0,4	4,1	11,9	5,5	6
	10/0,4	4,1	11,9	5,5	6
	35/0,4	4,1	11,9	6,5	6,5
1000	10/0,4	4,9	15	5,5	5
	35/0,4	5,1	15	5,5	5
	35/6,6	5,1	15	6,5	5,5
	35/10	5,1	15	6,5	5,5
1800	35/6,6	8,3	24	6,5	5
	35/10,5	8,3	24	6,5	5
3200	35/6,6	11,5	37	7,0	4,5
	35/10,5	11,5	37	7,0	4,5
5600	35/6,6	18,5	57	7,5	4,5
	35/10,5	18,5	57	7,5	4,5

Bảng 14.pl. Thông số kỹ thuật của máy biến áp do Liên Xô (cũ) chế tạo

Mã hiệu	S_{BA} , kVA	Điện áp; kV	ΔP_{0} ; kW	ΔP_{K} ; kW	U_{K} ; %	I_{0} ; %
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
TM-20/6	20	6,3/0,4	0,18	0,6	5,5	9
TM-20/10	20	10,5/0,4	0,22	0,6	5,5	10
TM-30/6	30	6,3/0,4	0,25	0,85	5,5	8
TM-30/10	30	10,5/0,4	0,3	0,85	5,5	9
TM-50/6	50	6,3/0,525	0,35	1,3	5,5	7
TM-50/10	50	10,5/0,4	0,44	1,3	5,5	8
TM-100/6	100	6,3/0,525	0,6	2,4	5,5	6,5
TM-100/10	100	10,5/0,525	0,73	2,4	5,5	7,5
TM-100/35	100	35/0,525	0,9	2,4	6,5	8
TM-180/6	180	6,3/0,4	1	4,1	5,5	6
TM-180/10	180	10,5/0,4	1,2	4,1	5,5	7
TM-180/35	180	35/0,4	1,5	6	5,5	8
TM-320/6	320	6,3/0,4	1,6	6,2	5,5	6
TM-320/10	320	10,5/0,4	1,9	6,2	5,5	7
TM-320/35	320	35/0,4	2,3	9,4	5,5	7,5
TM-560/6	560	6,3/0,4	2,5	9,4	5,5	6
TM-560/10	560	10,5/0,4	3,35	9,4	5,5	6,5
TM-560/35	560	35/0,4	3,35	9,4	5,5	6,5
TC-180/10	180	10,5/0,4	1,6	3	5,5	4
TC-320/10	320	10,5/0,4	2,6	4,9	5,5	3,5
TC-560/10	560	10,5/0,5	3,5	7,4	5,5	3
TC-750/10	750	10,5/0,4	4	8,8	5,5	2,5
TCM-20/6,3	20	6,3/0,4	0,15	0,51	4,5	9,5
TCM-20/10	20	10,5/0,4	0,15	0,51	4,5	9,5
TCM-35/6,3	35	6,3/0,4	0,23	0,83	4,5	8,5
TCM-35/10	35	10,5/0,4	0,23	0,83	4,5	8,5
TCM-60/6,3	60	6,3/0,525	0,35	1,3	4,5	7,5
TCM-60/10	60	10,5/0,525	0,35	1,3	4,5	7,5
TCM-100/6,3	100	6,3/0,525	0,5	2,07	4,5	6,5
TCM-100/10	100	10,5/0,525	0,5	2,07	4,5	6,5
TCM-180/35	180	35/0,525	0,8	3,2	4,5	6

Bảng 14.pl. (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
TCM-180/6.3	180	6.3/0.525	0.8	3.2	4.5	6
TCM-320/6.3	320	6.3/0.525	1.35	4.85	4.5	5.5
TCM-320/10	320	10.5/0.525	1.35	4.85	4.5	5.5
TCM-560/6.3	560	6.3/0.525	2	7.2	4.5	5
TM-560/10	560	10.5/0.525	2	7.2	4.5	5
TM-750/6	750	6.3/0.525	4.1	11.9	5.5	6
TM-1000/10	1000	10.5/0.63	4.9	15.9	5.5	5
TM-1000/35	1000	35/10.5	5.1	15.9	5.5	5.5
TM-1800/35	1800	35/10.5	8	24	6.5	5
TM-3200/10	3200	10/6.3	8.3	37	5.5	5
TM-3200/35	3200	35/10.5	11.5	37	7	4.5
TM-5600/10	5600	10/6.3	18	56	5.5	4
TM-5600/35	5600	38.5/10.5	18.5	57	7.5	4.5
TM-5600/35	7500	38.5/11	24	75	7.5	3.5
TM-10000/35	10000	38.5/12	29	92	7.5	3

Bảng 15.pl. Thông số kỹ thuật của máy biến áp ba pha hai cuộn dây

Loại máy	S_n : MVA	U_{n1} : kV	U_{n2} : kV	ΔP_{0i} : kW	ΔP_K : kW	U_k : %	I_0 : %
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
110 kV							
TMH	2.5	110	6.6; 11; 32	5	22	10.5	1.5
TДH	4.0	115	6.6; 11; 32				
TДH	6.3	115	11; 22; 38.5	10	50	10.5	1.0
TPДH	10			14	60		0.9
TPДH	16			21	85		0.85
TPДH	25	115	6.6; 10.5; 38.5	29	120	10.5	0.8
TPДHC	32			35	145	10.5	0.75
TДH	40			42	175	10.5	0.7
TPДHC	63			59	260	10.5	0.65
TPДHC	80	115	10.5; 13.8	70	315	10.5	0.6
TДH	125	121	10.5; 13.8	120	520	10.5	0.55
TДH	200	121		170	700	10.5	0.5
TДH	250	121		200	790	10.5	0.5
TДH	400	121	15.7; 22	230	1350	10.5	0.8

Bảng 15.pl. (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
220 kV							
ТДГ	31,5	220	11	115	220	14	4,2
ТДГ	40	220	11	125	350	14	4,2
ТДГ	60	242	13,8	125	390	14	4
ТД	70	230	10,5	75	260	10,6	0,6
ТДГ	80	240	10,5;13,8	80	320	11	0,6
ТДГ	90	240	10,5;13,8	255	400	12,2	3,8
ТДГ	125	242	10,5;13,8	115	380	11	0,5
ТДГ	180	242	13,8;15,75	320	760	12	3,2
500 kV							
ТД	206	525	15,75; 20	145	700	13	0,35
ТД	250	525	13,8;15,75	205	600	13	0,45
ТД	400	525	15,75; 20	320	800	13	0,4
ТД	630	525	15,75; 20	420	1300	14	0,35

Bảng 16.pl. Thông số máy biến áp ba pha ba cuộn dây công suất S_n (MVA)

Loại máy	S_n	Điện áp; kV			H.tôn; kW		U_k ; %			I_0 ; %
		U_C	U_T	U_{II}	ΔP_0	ΔP_K	C-T	C-H	T-H	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(8)	(10)	(11)
Điện áp sơ cấp 110 kV										
ТМТГ	5,6	121	38,5	11	30	69,5	17	10,5	6	5
ТМТ	6,3	121	38,5	11	32	65	17	10,5	6	4,8
ТМТН	6,3	115	38,5	11	13	52	10,5	17	6	1
ТМТГ	7,5	121	38,5	11	35	82	17	10,5	6	4,6
ТМТН	10	115	22	6,6	23	80	10,7	17	6	1,1
ТДТН	15	121	38,5	11	47	72	17	10,5	6	5
ТДТН	16	115	38,5	11	23	100	10,5	17	6	5
ТДТНГ	20	115	38,5	11	45	127	17	10,5	6	3,5
ТДТНШ	25	115	38,5	11	31	140	10,5	17,5	6,6	0,7
ТДТНГ	31,5	115	27,5	11	125	260	17,4	10,5	6,2	5
ТДТН	40	115	38,5	11	43	200	10,5	17,7	6,5	0,6
ТДТН	60	115	38,5	13,5	190	355	17,5	10,5	7	3
ТДТНГ	75	115	38,5	10,5	210	450	20	12	7,5	4
ТДТНГ	80	115	38,5	11	115	390	11	18	6,5	1,6

Bảng.16.pl. (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(8)	(10)	(11)
Điện áp sơ cấp 220 kV										
ТДТНГ	25	230	22; 38,5	11	41	135	12,5	20	6,5	1,2
ТДТНГ	40	230	22; 38,5	11	54	240	12,5	22	9,5	1,1
ТДТНГ	63	230	22; 38,5	11	75	320	12,5	24	10,5	1

Bảng.17.pl. Thông số trung bình của 1 km đường dây trên không

Tiết diện (mm ²)	$r_0; \Omega / \text{km}$		Điện trở phản kháng ở lưới: kV							
			0,38	6÷10	22		35		110	
	A	AC	x_0	x_0	x_0	$b_0, l/\Omega$	x_0	b_0	x_0	b_0
25	1,28	1,38	0,35	0,412	0,426	2,64	0,438	2,59		
35	0,92	0,85	0,33	0,4	0,414	2,72	0,429	2,65		
50	0,64	0,65	0,32	0,392	0,405	2,78	0,418	2,72	0,441	2,57
70	0,46	0,46	0,31	0,381	0,395	2,86	0,408	2,79	0,430	2,64
95	0,34	0,33	0,30	0,37	0,384	2,94	0,400	2,85	0,423	2,69
120	0,27	0,27	0,30	0,363	0,377	3	0,393	2,90	0,415	2,74
150	0,21	0,21		0,357	0,371	3,05			0,409	2,78
185	0,17	0,17	220 kV				x_0	b_0	0,406	2,80
240	0,12	0,12					0,430	2,64	0,401	2,84
300	0,1	0,1					0,424	2,68		
400	0,07	0,07					0,415	2,74		
450	0,06	0,06					0,419	2,76		

Bảng 18.pl. Thông số của đường cáp cách điện giấy hoặc chất dẻo

F	$r_0; \Omega / \text{km}$		0,38	6 kV			10		22		35	
	Cu	Al	x_0	x_0	b_0	x_0	b_0	x_0	b_0	x_0	b_0	
10	1,84	3,1	0,073	0,11	2,3							
16	1,15	1,94	0,068	0,102	2,6	0,113	5,9					
25	0,74	1,24	0,066	0,091	4,1	0,099	8,6	0,135	24,8			
35	0,52	0,89	0,064	0,087	4,6	0,095	10,7	0,129	27,6			
50	0,37	0,62	0,063	0,083	5,2	0,090	11,7	0,119	31,8			
70	0,26	0,443	0,061	0,080	6,6	0,086	13,5	0,116	35,9	0,137	86	
95	0,194	0,326	0,060	0,078	8,7	0,083	15,6	0,110	40,0	0,126	95	
120	0,153	0,258	0,060	0,076	9,5	0,081	16,9	0,107	42,8	0,120	99	
150	0,122	0,206	0,059	0,074	10,4	0,079	18,3	0,104	47,0	0,116	112	
185	0,099	0,167	0,059	0,073	11,7	0,077	20	0,101	51,0	0,113	115	
240	0,077	0,129	0,058	0,071	13,0	0,075	21,5					

Bảng 19.pl. Điện trở và điện kháng của dây nhôm và thép nhôm

F : mm ²	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185
r_0 : Ω /km	5,26	3,16	1,98	1,28	0,92	0,64	0,46	0,34	0,27	0,21	0,17
α , mét	Dây nhôm A x_0 : Ω /km										
0,6			0,358	0,345	0,336	0,325	0,315	0,303	0,297	0,288	0,279
0,8			0,377	0,363	0,352	0,341	0,331	0,319	0,313	0,305	0,296
1			0,391	0,377	0,366	0,355	0,345	0,334	0,327	0,319	0,311
1,25			0,405	0,391	0,380	0,369	0,359	0,347	0,341	0,333	0,328
1,5				0,402	0,391	0,380	0,370	0,358	0,352	0,344	0,339
2				0,421	0,410	0,398	0,388	0,377	0,371	0,363	0,355
Dây AC	Dây nhôm lõi thép AC										
r_0 : Ω /km		3,12	2,06	1,38	0,85	0,65	0,46	0,33	0,27	0,21	0,17
	x_0 : Ω /km										
2 mét					0,403	0,392	0,382	0,371	0,365	0,358	
2,5					0,417	0,406	0,396	0,385	0,379	0,372	
3					0,429	0,418	0,408	0,397	0,391	0,384	0,377

Bảng 20.pl. Thông số của dây dẫn và dây cáp hạ áp

F (mm ²)	r_0 : Ω /km		x_0 : Ω /km, phương thức đặt		F (mm ²)	r_0 : Ω /km		x_0 : Ω /km, phương thức đặt	
	Al	Cu	hở	kín		Al	Cu	hở	kín
1,5	22,2	13,35		0,1	50	0,67	0,4	0,25	0,06
2,5	13,3	8		0,09	70	0,48	0,29	0,24	0,06
4	8,35	5	0,33	0,09	95	0,35	0,21	0,23	0,06
6	5,55	3,33	0,32	0,09	120	0,28	0,17	0,22	0,06
10	3,33	2	0,31	0,08	150	0,22	0,13	0,21	0,06
16	2,08	1,25	0,29	0,07	185	0,18	0,11	0,21	0,06
25	1,33	0,8	0,27	0,07	240	0,15	0,08	0,20	0,06
35	0,95	0,57	0,26	0,06	300	0,12	0,07	0,19	0,06

Bảng 21.Pl. Điện trở tác dụng và phản kháng của các cuộn dây aptômat; m Ω (ở 65°C)

Dòng I_n của Apt; A	50	70	100	140	200	400	600
r	5,5	2,35	1,3	0,74	0,36	0,15	0,12
x	2,7	1,3	0,86	0,55	0,28	0,1	0,094

Bảng 22.pl. Điện trở tiếp xúc của cầu dao và aptômat; mΩ

I_n . A	50	70	100	140	200	400	600	1000
Cầu dao	0,8	0,65	0,5	0,46	0,4	0,2	0,15	0,08
ápômat	1,3	1,0	0,75	0,65	0,6	0,4	0,25	0,1

Bảng 23.pl. Điện trở và điện kháng của máy biến dòng kiểu TKΦ; mΩ

Dòng định mức, A		7,5	10	15	20	30	40	50	75	100	150	200	300	400	600
TKΦ-1	r	300	170	75	42	20	11	7	3	1,7	0,75	0,42	0,2	0,11	0,05
	x	480	270	120	67	30	17	11	4,8	2,7	1,2	0,67	0,3	0,17	0,07
TKΦ-3	r	130	75	33	19	8,2	4,8	3,0	1,3	0,75	0,33	0,19	0,08	0,05	0,02
	x	120	70	30	17	8	4,2	2,8	1,2	0,7	0,3	0,17	0,08	0,04	0,02

Bảng 24.pl. Thông số của các thanh cái phẳng

Kích thước, mm	r_0 ở 65 ^{°C} : mΩ/m		I_{cp} : A		x_0 : mΩ/m theo khoảng cách trung bình (mm)			
	Cu	AL	Cu	AL	100	150	200	300
25x3	0,268	0,475	340	265	0,179	0,200	0,225	0,244
30x3	0,223	0,394	405	305	0,163	0,189	0,206	0,235
30x4	0,167	0,296	475	365	0,161	0,184	0,202	0,233
40x5	0,100	0,177	700	540	0,146	0,170	0,189	0,214
50x5	0,08	1,42	860	665	0,137	0,156	0,18	0,200
50x6	0,067	0,118	955	740	0,127	0,150	0,175	0,189
60x6	0,056	0,099	1125	870	0,119	0,145	0,163	0,180
80x8	0,031	0,055	1690	1320	0,102	0,126	0,145	0,170

Bảng 25.pl. Thông số kỹ thuật của một số máy cắt

Loại	U_n : kV	I_n : A	Dòng giới hạn: kA		I_{out} : kA ở thời gian: s			$I_{cắt}$: kA
			i_{xk}	I_{xk}	1	5	10	
(1)	(2)	93)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Máy cắt không khí								
BB-20	20	1200	300	118		118		300
BBГ-20-160	20	1250	410	160		160		160
BBH-35-2	35	2000	84	33		33		33
BBШ-110-31	110	2000	64	25	25			25
BBЭ-220	220	1600	67	26	26			30

Bảng 25.pl. (tiếp theo)

(1)	(2)	93)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
BBB-500	500	2000	90	35,5		35,5		35,5
	Máy cắt dầu							
BMЭ-6-50	6	200	12,4	7,2	7,2	4,8	3,4	2,9
BMПП-10	10	630	52	20	20			20
BMЭ-10	10	200	25	15	10	10	14	5,8
BMГ-10	10	600	52	30	30	20	14	20
BMГ-133-1	10	600	52	30	30	20	14	20
MГГ-10	10	2000	75	43,5	43,5	30	21	39
BM-35	35	600	17,3	10	10	10	7,1	400
C-35M-630	35	630	26	10	10			10
MКП-35	35	1000	64	25	25			25
BMK-35B	35	1000	45	26	26			26
BMД-35	35	600	17,3	10	10	10	7,1	18
MКП-110	110	630	52	20	20	18,4	13	20
MКП-110 Б	110	1000	52	20	20			20
Y-220-2000	220	2000	102	40	40			40
	... Máy cắt chân không							
BB-10-20/630	10	630	52	20	20			20
BB10-20/1250	11	1250	52	20	20			20

Bảng 26.pl. Tham số kỹ thuật của dao cách ly

Loại	U_n ; kV	I_n ; A	i_{xk} ; kA	$I_{cđ}$ / s
	Trong nhà			
PBP(3)-10/2500	10	2500	125	45/4
PBP(3)-Ш-10/2000	10	2000	85	31,5/4
PB-20/630Y3	20	630	50	20/4
PBP-Ш-24/8000	24	8000	300	112/4
PB-35/1000Y	35	1000	55	20/4
	Ngoài trời			
PHД(3)-35/630	35	630	125	50/4
PHД(3)-35/1000	35	1000	64	25/4
PHД(3)-110/630T1	110	630	100	40/3
PHД(3)-110/1250T1	110	1250	1000	40/3
PHД(3)-220/630T1	220	630	80	31,5/3
PHД(3)-220/1250T1	220	1250	80	31,5/3
PHД(3)-1(2)-500	500	3200	160	63/2
PHB(3).1(2)-500	500	2000	45	16/2

Bảng 27.pl. Thông số kỹ thuật của một số máy biến dòng

Loại	U_n ; kV	I_n ; A	S_{n2} ; VA	I_{sk} ; kA (ô.d.động)	I_{n0}/s ; kA	Cấp ch.xác
TKM-0,5	0,5	5;10;15;20;40;50;100;400;800	20			1
TKЛ- 0,5	0,5	5÷300	20			1
ТВЛМ-10	10	20;30;50;100; 150;200;300;400;600;800;1000; 1500	1	7;10,6;17,6 35,2;52;	0,94/4; 1,45/4; 2,45/4; 4,85/4;	0,5
ТПЛК-10	10	10÷1000	10	2,47;3,7; 7,4;74,5;	0,45/4; 0,67/4	0,5
ТЛМ-10-1	10	50÷ 1500	10	17,6;	2,8/3	0,5
ТШВ-24	24	10÷24000				
ТПОЛ-35	35	400	15	100	16/3	0,5
		600	20	100	24/3	
		800	30	100	32/3	
		1000	50	100	40/3	
Máy biến dòng do hãng SIEMENS chế tạo						
4MA72	12	20÷2500		120	80/1	
4MA74	24	20÷2500		120	80/1	
4MA76	36	20÷2000		120	80/1	
4MB12	12	15000÷4000		120	80/1	
4MB13	24	15000÷4000		120	80/1	
4MB14	36	15000÷6000		120	80/1	
4ME12	12	5÷1200		120	80/1	
4ME114	24	5÷1200		120	80/1	
4ME16	36	5÷1200		120	80/1	

Bảng 28.pl. Các thông số kỹ thuật của máy biến điện áp

Loại	U_{n1} ; kV	U_{n2} ; V	S_{n2} ; ở cấp chính xác: VA		Công suất giới hạn; VA
			0,5	1	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Do hãng SIEMENS chế tạo					
4MR52	$12/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	600		
4MR54	$22/\sqrt{3}$	$100\sqrt{3}$	600		

Bảng 28.pl.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
4MR56	$35/\sqrt{3}$	$120\sqrt{3}$	800		
4MS32	$12/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	400		
4MS34	$22/\sqrt{3}$	$100\sqrt{3}$	400		
4MS36	$35/\sqrt{3}$	$120\sqrt{3}$	400		
Do Nga sản xuất					
HOM-10-66-Y2	10	100	75	150	630
3HOM-20-66-Y2	$18/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	75	150	640
3HOM-24-66-Y1	$24/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	75	150	630
3HOM-35-66-Y1	$35/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	150	250	1200
НТМИ-10-66-Y3	10	100	120	200	960
HKФ-110-58Y1	$110/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	400	600	2000
HKФ-220-65T1	$220/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	400	600	2000
HKФ-500-Y1	$500/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$		500	2000

Bảng 29.pl. Các thông số kỹ thuật của cầu chảy hạ áp

Loại	Dòng định mức I_n ; A	Dòng định mức của dây chảy I_{dk} ; A
ПР-2	15	6;10;15
	60	15;20;25;35;45;60
	100	60;80;100
	200	100;125;160;200
	350	200;225;260;300;350
	600	350;430;500;600
	1000	600;700;800;1000
НПН	60	15;20;25;35;45;60
ПН2-100/ II	100	30;40;50;60;80;100
ПН2-250/ II	250	80;100;120;150;200;250
ПН2-400/ II	400	200;250;300;400
ПН2-600/ II	600	300;400;500;600

Bảng 30.pl. Thông số kỹ thuật của cầu chì cao áp 10 kV

Loại	I_n : A	Dòng cắt giới hạn: kA	
		Thành phần đối xứng	Tính đến thành phần không chu kỳ
ПК, ПКН, ПКЭ	7.5;30;50;75;100 200	12	18
ПКУ	8;20;40;75;150	20	

Bảng 31..pl. Thông số kỹ thuật của aptômat

Do hãng Merlin Gerin (Pháp) chế tạo				
Loại	Số cực	U_n : V	I_n : A	I_k : kA
V40H	1+N	240	40	10
C60a	3	440	40	3
NC 100H	3	440	100	6
NC 100L	3	440	100	20
NC 125H	3	415	125	10
C 100E	3	500	100	7.5
NS 225E	3	500	225	7.5
NS 400E	3	500	400	15
NS 600E	3	500	600	15
Do Nhật Bản chế tạo				
EA52G	2	380	10;15;20;30;40;50	5
EA103G	3	380	60;75;100	14
EA103G	3	380	125;160;175;200;225	25
SA403-H	3	380	250;300;350;400	85
SA603-H	3	380	500;600	85

Bảng 32..pl. Thông số kỹ thuật của Aptomat do Nga chế tạo

Loại	Số cực	U_n : V	I_n : A	Móc bảo vệ		I_{kd} tức thời: A	
				Dạng	I_n : A	X.chiều	I chiều
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
АП50-3МТ	3	380	1,6 ÷ 50	h.hợp	1 ÷ 50	11	14
АП50-3Т	3	380	1,6 ÷ 50	Nhiệt	1 ÷ 50		
A3161	1	220	50	Nhiệt	15;20;25		
A3162	2	380			30;40;50		
A3163	3	380			60		

Bảng 32..pl.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
A3113/1	2	500	100	Tổng hợp	15	150	
A3114/1	3				20:25:30:40 50:60:80:100	200	
A3123	2	500	100	Tổng hợp	15:20:25:30	430	
A3124	3				40:50:60:80:100	600 800	
A3133	2	220	200	Tổng hợp	120	840	
A3134	3	500			150 200	1050 1400	
A3143	2	220	600	Tổng hợp	300	2100	
A3144	3	500			400 500 600	2800 3500 4200	
ABM10HB ABM10CB	3	500	750		500:600: 750	4000:4800:5500 6600:8000	
ABM10C ABM10H	3	500	1000	Tổng hợp	500:600 800:1000	4000:4800:6000 8000:10000	
ABM15C	3	500	1500	Tổng hợp	1000 1200:1500	8000:10000	
ABM20H	3	500	2000	Tổng hợp	1000:1200: 1500:2000	8000:10000	

Bảng 33.pl. Thông số kỹ thuật của một số loại khởi động từ do Nga chế tạo

Kiểu	Dòng định mức: A		Kiểu	Dòng định mức: A	
	Mạch chính	Role nhiệt		Mạch chính	Role nhiệt
ΠME-111	10	0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10	ΠME-211	25	5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25
ΠME-311	40	12,5; 16; 20; 25; 32	ΠME-411	63	25; 30; 40; 50; 60
ΠME-511	110	50; 60; 80	ΠME-611	146	100; 120; 150
ΠME-312	40	12,5; 16; 20; 25; 32	ΠME-412	63	25; 30; 40; 50; 60
ΠME-512	110	50; 60; 80; 100	ΠME-612	146	100; 120; 150

Bảng 34.pl. Thông số kỹ thuật của sứ đỡ

Loại	Điện áp: kV		Lực phá F; kG
	U_n	$U_{ph.khó}$	
OΦ-1-375	1	11	375
OΦ-1-750-OB	1	11	750
OΦ-1-1250-OB	1	11	1250
OΦ-1-2000-OB	1	11	2000
OΦ-1-3000-OB	1	11	3000
OΦ-6-375K _p	6	36	375
OΦ-6-750K _p	6	36	750
OΦ-10-750	10	47	750
OΦ-10-1250	10	47	1250
OΦ-35-750	35	110	750
OΦ-35-2000	35	110	2000

Bảng 35.pl. a. Thông số kỹ thuật của một số loại chống sét van do Nga sản xuất

Loại	U_n ; kV	Đ.áp cho phép: kV	Đ.áp phóng ở f=50Hz: kV	Đ.áp phóng xung: kV
PBO-10Yi	10	12,7	26÷30,5	48
PBC-22T1	22	25	49÷60,5	80
PBC-35T1	35	40,5	78÷98	125
PBC-110MT1	110	116	200÷250	285
PBMA-220T1	220	200	340÷390	515
PBMA-500T1	500	420	660÷760	1070

Bảng 35.pl. b. Thông số kỹ thuật của một số loại chống sét van do Pháp sản xuất

RA10	10		20	36÷42
C10,5	10,5		21	37÷42,5
C24	24		48	80÷92
C36	36		40	119÷137
E10,5	10,5		21	37÷42
E23	23		46	80÷92
E36	36		72	125÷144
N36	36		72	130÷150
N4G117	117		234	390÷450

Bảng 36.pl. Tham số kỹ thuật của chống sét ống

Loại	U _n : kV	Dòng cắt: kA	Khoảng phóng điện: mm		d: mm
			Trong	Ngoài	
PTB $\frac{10}{0,5-2,5}$	10	0,5÷2,5	60	15	6
PTB $\frac{20}{2-10}$	20	2÷10	100	40	10
PTB $\frac{35}{2-10}$	35	2÷10	140	100	10

Bảng 37.pl. Tham số kỹ thuật của cáp vặn xoắn lõi đồng cách điện XLPE, dai tếp, vỏ PVC do hãng FURUKAWA (Nhật Bản) chế tạo. điện áp 0,5÷3kV

F: mm ²	Suất điện trở: Ω /km		Dòng điện cho phép: A		I _k : kA ở 1s
	r ₀ ở 20°C	x ₀	Ngoài trời	Dưới đất	
10	1,83	0,109	73	82	1,43
16	1,15	0,101	95	105	2,28
25	0,73	0,095	125	135	3,57
35	0,52	0,09	150	160	5,0
50	0,39	0,087	228	190	7,15
70	0,27	0,083	235	235	10
95	0,19	0,080	280	280	13,5
120	0,15	0,078	325	320	17,1
150	0,12	0,077	365	360	21,4
185	0,1	0,075	420	405	26,4
240	0,08	0,073	490	465	34,3
300	0,07	0,072	560	520	42,9
400	0,05	0,070	640	580	57,2
500	0,04	0,053	725	640	71,3

Bảng 38.pl. Tham số kỹ thuật của cáp vặn xoắn lõi đồng cách điện XLPE, dai tếp, vỏ PVC do hãng FURUKAWA (Nhật Bản) chế tạo điện áp 6÷10kV

F: mm ²	Suất điện trở: Ω /km		Dòng điện cho phép: A		I _k : kA ở 1s
	r ₀ ở 20°C	x ₀	Ngoài trời	Dưới đất	
(1)	92)	(3)	(4)	(5)	(6)
16	1,15	0,17	105	105	2,28
25	0,73	0,19	140	140	3,57
35	0,52	0,22	170	170	5
50	0,39	0,24	200	200	7,15
70	0,27	0,27	250	245	10

Bảng 38.pl. (tiếp theo)

(1)	92)	(3)	(4)	(5)	(6)
95	0,193	0,31	300	290	13,5
120	0,153	0,33	345	330	17,1
150	0,124	0,36	390	365	21,4
185	0,1	0,40	445	410	26,4
240	0,08	0,44	520	475	34,3
300	0,06	0,48	585	525	42,9
400	0,05	0,53	665	590	57,2
500	0,04	0,59	745	650	71,5

Bảng 39.pl. Tham số kỹ thuật của cáp vặn xoắn ba lõi đồng cách điện XLPE, vỏ PVC do hãng FURUKAWA (Nhật Bản) chế tạo. điện áp 12÷24kV

F ; mm ²	Suất điện trở: Ω /km		Dòng điện cho phép: A		I_k ; kA ở 1s
	r_{10} ở 20°C	x_{10}	Ngoài trời	Dưới đất	
35	0,524	0,16	170	170	5
50	0,387	0,17	205	200	7,15
70	0,268	0,19	250	240	10
95	0,193	0,21	305	290	13,5
120	0,153	0,23	350	330	17,1
150	0,124	0,25	395	365	21,4
185	0,10	0,27	450	410	26,4
240	0,075	0,30	520	470	34,3
300	0,06	0,32	590	525	42,9
400	0,047	0,35	665	585	57,2
500	0,037	0,39	750	650	71,5

Bảng 40.pl. Thông số kỹ thuật của tụ điện

Loại	U_n ; kV	Q_n ; kVAr	Loại	U_n ; kV	Q_n ; kVAr
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Do Nga sản xuất					
KM1-0,22	0,22	4: 5: 6:8	KC1-0,38-20-3Y1	0,38	20
KM1-0,38	0,38	13	KC1-0,66-20-3Y1	0,66	20
KM1-0,5	0,5	13	KC1-10,5-37,5-2Y3	10,5	37,5
KC1-0,22-8-3Y1	0,22	8	KC2-0,38-40-3Y3	0,38	40
KC1-0,22-14-3Y1	0,22	14	KC2-0,38-50-3Y3	0,38	50
KC1-0,38-14-3Y1	0,5	14	KC2-22-60-2Y1	22	60

Bảng 40.pl. (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
KC1-0.5-14-3Y1	0,38	14	KC2-22-75-2Y3	22	75
KC1-0.38-36-3Y1	0,38	36	KKY- 0.38-I	0,38	80
KC2-0.22-12-3Y1	0,22	12	KKY- 0.38-III	0,38	160
KC2-0.38-28-3Y1	0,38	28	KKY- 0.38-V	0,38	280
KC2-0.5-28-3Y1	0,5	28	KY- 10-I	10	330
KC2-0.66-40-3Y3	0,66	40	KY- 10-II	10	500
KC2-0.5-36-3Y3	0,38	36	KYH- 10-II	10	420
KC2-0.66-40-3Y3	0,66	40	YK-0.38-110H	0,38	110
KC1-0.38-25-3Y3	0,38	25	YK-0.38-330H	0,38	3x110
KM2-6.3-12-3Y1	6,3	12	YK-10-900	10	900
KM2-10.5-12-3Y1	10,5	12	KM2-0.5-25.Y	0,5	25
KM2-6.3-24-3Y1	6,3	24	KM1-10.5-15-Y	10,5	15
KM2-10.5-24-3Y1	10,5	24	KM2-6.3-24-Y1	6,3	24
KM2-0.38-25.Y	0,38	25	KM2-10.5-22.5	10,5	22.5
Tụ điện do Mỹ sản xuất					
CEP120A1	2.4	50	CEP140A1	2.4	200
CEP120A5	6.64	50	CEP140A5	6.64	200
CEP124M8	11.4	50	CEP130M31	11.4	200
CEP131A1	2.4	100	CEP132M18	11.4	300
CEP131A5	6.64	100	CEP134M7	11.4	400
CEP126M25	11.4	100	CEP150M3	11.4	500
CEP132A1	2.4	150	CEP13M9	20.8	300
CEP132A5	6.64	150	CEP133M17	20.8	400
CEP128M13	11.4	150	CEP131M25	22.1	300
Tham số kỹ thuật của một số tụ bù dọc					
Mã hiệu	U_{nc} kV	Q, kVAr	I_{nc} A	C, μ F	X_c Ω
KPM1-50	1	50	50	160	20
KPM 0.6-50	0.6	50	83.5	442	7.2
KPM 0.6-25-1	0.6	25	41.7	221	14.2
KPM 0.6- 12.5-1	0.6	12.5	20.9	110	18.8

Bảng 41.pl. Hệ số hiệu chỉnh k_0 về nhiệt độ của môi trường đối với cáp điện

Nh.độ: "C		Hệ số k_0 khi nhiệt độ của môi trường xung quanh: "C											
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	
θ_{tb}	θ_{cp}	-5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
15	80	1.14	1.11	1.08	1.04	1	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78	0.73	0.65

Bảng 41.pl. (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	
25		1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,0	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74
25	70	1,29	1,24	1,2	1,15	1,11	1,05	1,0	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,1	1,05	1,0	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25		1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,0	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,2	1,15	1,12	1,06	1,0	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25		1,36	1,31	1,25	1,2	1,13	1,07	1,0	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54

Bảng 42.pl. Hệ số hiệu chỉnh k_n về số dây cáp đặt chung trong một hầm cáp

Khoảng cách giữa các sợi cáp; mm	Số sợi cáp nằm chung trong hầm					
	1	2	3	4	5	6
100	1,0	0,9	0,85	0,8	0,78	0,75
200	1,0	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,0	0,93	0,9	0,87	0,86	0,85

Bảng 43.pl. Điện trở suất của một số loại đất

Loại đất	$\rho: 10^4 \Omega/\text{cm}$	Loại đất	$\rho: 10^4 \Omega/\text{cm}$
Cát	7	đất sét	1
Cát pha	3	đất vườn	0,4
Đất đen	2	đất bùn	0,2

Bảng 44.pl. Hệ số hiệu chỉnh điện trở suất của đất

Cực nối đất	k_1	k_2	k_3
Thanh dẹt ngang chôn sâu 0,5 m	6,5	5	4,5
Thanh dẹt ngang chôn sâu 0,8 m	3	2	1,6
Cọc đóng sâu cách mặt đất 0,5÷0,8 m	2	1,5	1,4

k_1 - đất ẩm; k_2 - đất ẩm trung bình; k_3 - đất khô

Bảng 45.pl. Các tham số cơ bản của một số loại đèn thông dụng

Đèn sợi đốt					Đèn huỳnh quang				
Mã hiệu	P; W	F; lm	$g_a: 10^3\text{đ}$	T; 10^3h	Mã hiệu	P; W	F; lm	$g_a: 10^3\text{đ}$	T; 10^3h
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Rạng đồng	15	120	4	1	TFP18	20/18*	1750	18/24	8
Rạng đồng	25	220	4	1	TFP36	40/36*	3450	32/35	8
Rạng đồng	40	430	4	1	Phi lip	65/68*	3250	18/34	12
Rạng đồng	60	740	4	1	Phi lip	/110*	6100	/55	12,5

Bảng 45. pl. (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Rạng đông	75	970	4	1	F10W-C-W-DT8	10	1050	19	12
Rạng đông	100	1390	5	1	F18W-C-W-DT8	18	1150	12.5	12
Rạng đông	150	2200	6	1	F36W-C-W-DT8	36	2850	13.5	12
Rạng đông	200	3000	7	0.8	F8W-C-W-DT5	8	340	19	8
Rạng đông	300	5000	10	0.8	F13W-C-W-DT5	13	860	22.5	8
Halogen Nhật					Compact				
MR16	50	11500	18.5	2.5	LYNX-S7W-C-W-D	7	400	26.5	10
PAR38	80	5400	48.5	2	LYNX-S9W-C-W-D	9	600	26.5	10
PAR38	120	9300	48.5	2	LYNX-S11W-C-W-D	11	900	26.5	10
PAR38	300	68000	532	2	LYNX-D-10W-C-W-D	10	600	50.6	10
PAR38	1000	40000	607	0.3	LYNX-D-13W-C-W-D	13	900	50.6	10
					LYNX-D-18W-C-W-D		1200	61	10
					LYNX-D-26W-C-W-D	26	1800	61	10
					MINILYNX-15W-C-W-D	15	900	63	10
					MINILYNX-20W-C-W-D	20	1200	91	10
					MINILYNX.AMB-11W-C-W-D	11	500	86	10
					MINILYNX.AMB-15W-C-W-D	15	900	100	10
					MINILYNX.AMB-20W-C-W-D	20	1200	110	10

* Đèn thế hệ mới

Bảng 46.pl. Tham số của chấn lưu dùng cho đèn compact và huỳnh quang

Mã hiệu	$\cos \varphi$	$\Delta P, W$	$g \cdot 10^3 d$
SBA/5W-7W,9W,11W (đèn compact)	0.32	8.5	17.6
SBA 36/40W (đèn huỳnh quang)	0.44	8.5	19.5
SLB LowLoss-18/20W	0.55	4.5	63
SLB LowLoss-36/40W	0.55	4.5	63.5
LEHP (diện tử) 2x18W	0.9	3	156.5
LEHP (diện tử) 1x36W	0.9	3	156.5
LEHP (diện tử) 2x36W	0.9	3	187

Bảng 47.pl. Hệ số sử dụng của một số loại đèn thông dụng; %

Loại đèn	Sợi đốt thường			Sợi đốt ch. sâu			Huỳnh quang hờ			Huỳnh quang kín		
	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70
$P_{trái}$	30											
$P_{luồng}$	10	30	50	10	30	50	30	30	30	10	30	50
0.5	21	24	28	19	21	25	26	29	30	20	23	24
0.6	27	30	34	24	27	31	28	31	32	23	26	26
0.7	32	35	38	29	31	34	32	36	36	27	29	29
0.8	35	38	41	32	34	37	37	41	40	30	32	32
0.9	38	40	44	34	36	39	40	43	43	32	34	34
1	40	42	45	36	38	40	43	45	46	34	36	36
1.1	42	44	46	37	39	41	45	46	48	36	37	38
1.25	44	46	48	39	41	43	47	48	50	37	39	39
1.5	46	48	51	41	43	46	50	52	53	39	41	41
1.75	48	50	53	43	44	48	53	54	56	41	43	43
2	50	52	55	44	46	49	56	57	58	42	44	45
2.25	52	54	56	46	48	51	58	58	60	44	45	47
2.5	54	55	59	48	49	52	60	62	63	45	47	48
3	55	57	60	49	51	53	62	64	64	46	48	49
3.5	56	58	61	50	52	54	63	65	66	47	49	50
4	57	59	62	51	53	55	65	67	68	48	50	51
5	58	60	63	52	54	57	67	68	69	49	51	52

Chỉ số sánh không gian K_{sp}

Bảng 48. pl Tham số kỹ thuật của một số loại rơle kỹ thuật số

Tham số	Role dòng điện Model EOCR								
	Loại	SP		Loại	SS		Loại	DS	
1		2	1		2	1(T)		2(T)	
Dòng điện đặt; A	01	0,3÷2	0,2÷2	06	0,5÷6	0,5÷6	06	0,5÷6	0,5÷6
	10	1÷12	1÷12	30	3÷30	3÷30	30	3÷30	3÷30
	20	-	5÷25	60	-	5÷60	60	-	5÷60
Thời gian; s	10		1÷50		1÷50				
U; V	180÷250		180÷250		180÷250				
Phạm vi điều chỉnh áp; V	Role điện áp Model								
	Loại	EVR		Loại	EOVR		Loại	ÊUVR	
Quá áp		Thấp áp	Quá áp		Thấp áp				
Phạm vi điều chỉnh áp; V	220	220÷300	160÷220	110	110÷150	110	70÷110		
	380	380÷460	300÷380	220	220÷300	220	160÷220		
	415	415÷500	340÷415	380	380÷400	380	300÷380		
Thời gian; s	OVR: 0,5÷2; O-time: 1÷5			R-time: 0,2÷30; O-time: 0,2÷10					

Bảng 49. pl Hệ sử dụng của các điện cực tiếp địa và thanh nối phụ thuộc vào số lượng cọc n và tỷ số giữa khoảng cách giữa các điện cực l_0 và chiều dài l của chúng

n	Tỷ số l_0/l					
	1		2		3	
Mạch vòng	η_{dc}	η_{lu}	η_{dc}	η_{lu}	η_{dc}	η_{lu}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
4	0,69	0,45	0,78	0,55	0,85	0,70
6	0,62	0,40	0,73	0,48	0,80	0,64
8	0,58	0,36	0,71	0,43	0,78	0,60
10	0,55	0,34	0,69	0,40	0,76	0,56
20	0,47	0,27	0,64	0,32	0,71	0,47
30	0,43	0,24	0,60	0,30	0,69	0,41
50	0,40	0,21	0,56	0,28	0,66	0,37
70	0,38	0,20	0,54	0,26	0,64	0,35
100	0,35	0,19	0,52	0,24	0,62	0,33
Đóng theo dãy						
2	80	0,84	0,88	0,94	0,93	0,96
3	78	0,80	0,86	0,92	0,91	0,94

Bảng 49.pl (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
4	74	0.77	0.83	0.87	0.88	0.92
5	70	0.74	0.81	0.85	0.86	0.90
6	63	0.72	0.77	0.82	0.83	0.88
10	59	0.62	0.75	0.75	0.81	0.82
15	54	0.50	0.70	0.64	0.78	0.74
20	49	0.42	0.68	0.56	0.77	0.68
30	43	0.31	0.65	0.46	0.75	0.58

Bảng 50. pl. Giá trị hàm Laplace $F(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$

X	F(X)	X	F(X)	X	F(X)
0.0	0.000	1.1	0.3613	2.2	0.4864
0.1	0.0398	1.2	0.3819	2.3	0.4893
0.2	0.0793	1.3	0.4032	2.4	0.4918
0.3	0.1179	1.4	0.4192	2.6	0.4953
0.4	0.1554	1.5	0.4332	2.8	0.4974
0.5	0.1915	1.6	0.4462	3.0	0.4986
0.6	0.2257	1.7	0.4554	3.2	0.49931
0.7	0.2580	1.8	0.4644	3.6	0.499926
0.8	0.2881	1.9	0.4713	4.0	0.499968
0.9	0.3159	2.0	0.4772	4.5	0.499997
1.0	0.3113	2.1	0.4824	5.0	0.499998

Bảng 51.pl. Giá trị hàm phân phối Student

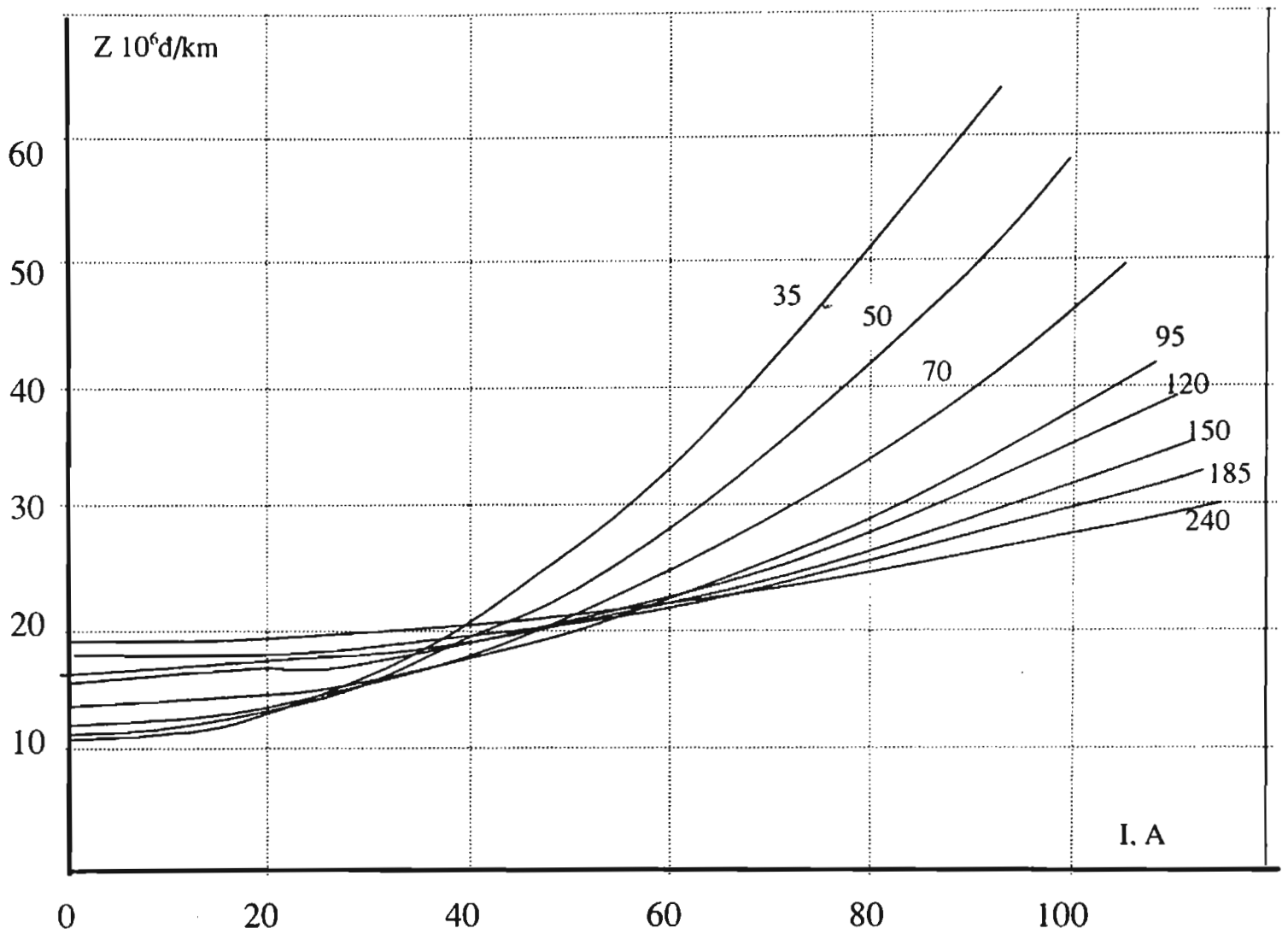
Bậc tự do n	Mức ý nghĩa					
	0.40	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	1.376	3.078	6.314	12.706	63.657	
2	1.061	1.886	2.920	4.303	9.925	31.589
3	0.978	1.638	2.353	3.182	5.841	12.942
4	0.941	1.533	2.132	2.776	4.604	8.610

Bảng 51.pl (tiếp theo)

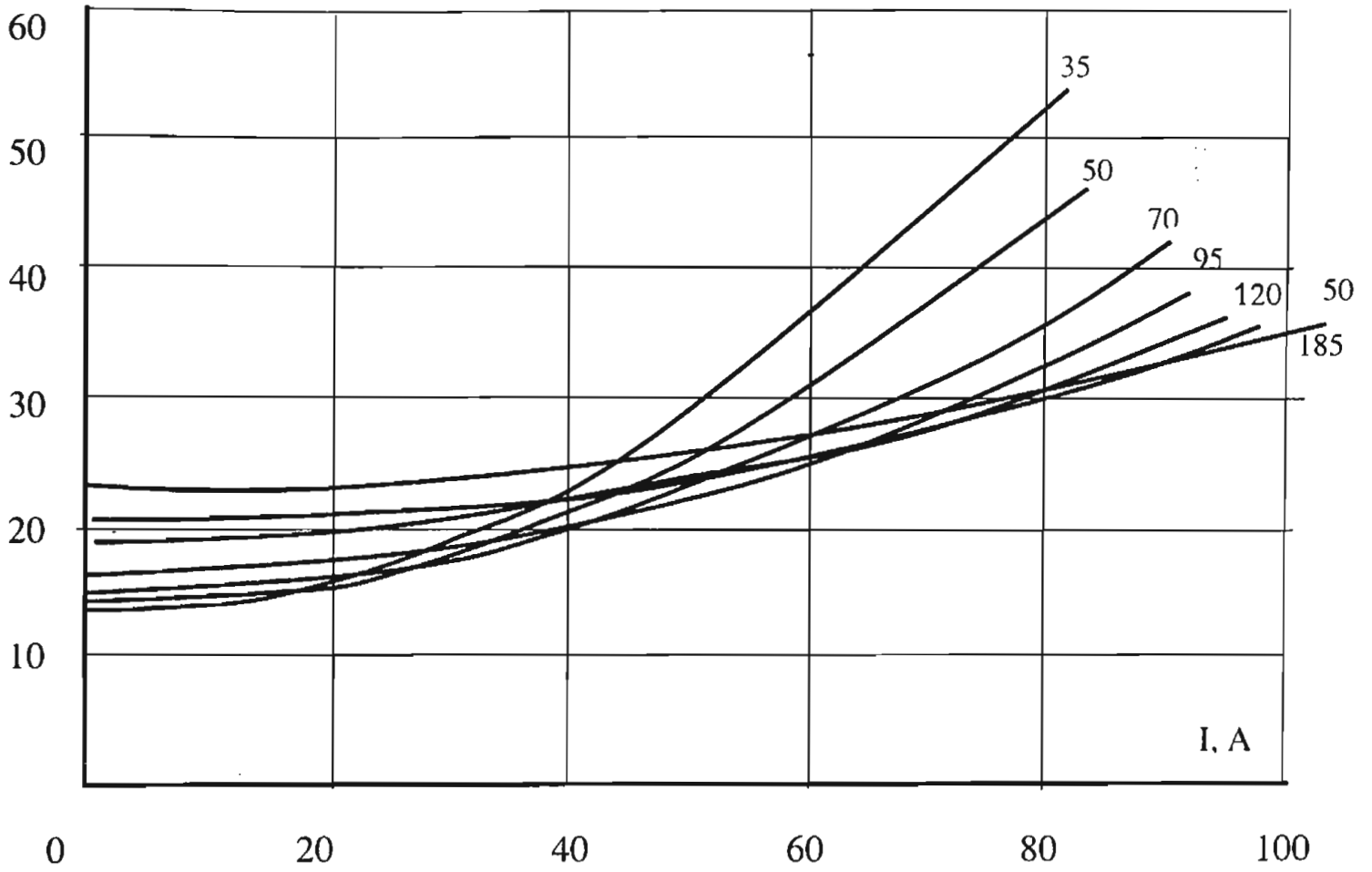
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
5	0,920	1,476	2,015	2,571	4,032	6,859
6	0,906	1,440	1,943	2,447	3,707	5,959
7	0,895	1,415	1,895	2,365	3,499	5,405
8	0,889	1,397	1,860	2,306	3,355	5,041
10	0,879	1,372	1,812	2,228	3,169	4,587
12	0,873	1,356	1,782	2,179	3,055	4,318
14	0,868	1,345	1,761	2,145	2,977	4,140
16	0,865	1,337	1,746	2,420	2,921	4,015
18	0,862	1,330	1,734	2,101	2,878	3,922
20	0,860	1,325	1,725	2,086	2,845	3,850
25	0,856	1,316	1,708	2,060	2,787	3,725
30	0,854	1,310	1,697	2,042	2,750	3,646
35	0,852	1,306	1,690	2,030	2,724	3,591
40	0,851	1,303	1,684	2,021	2,704	3,554
45	0,850	1,301	1,680	2,014	2,690	3,520
50	0,849	1,209	1,676	2,008	2,678	3,496
60	0,848	1,296	1,671	2,000	2,660	3,460
70	0,847	1,294	1,667	1,991	2,648	3,435
80	0,847	1,293	1,665	1,989	2,638	3,416
100	0,846	1,290	1,661	1,982	2,626	3,390
120	0,845	1,289	1,658	1,980	2,617	3,373
∞	0,8446	1,2816	1,6448	1,9600	2,5758	3,2905

Bảng 52.pl. Một số ký hiệu trong sơ đồ bảo vệ rơle và tự động điều khiển

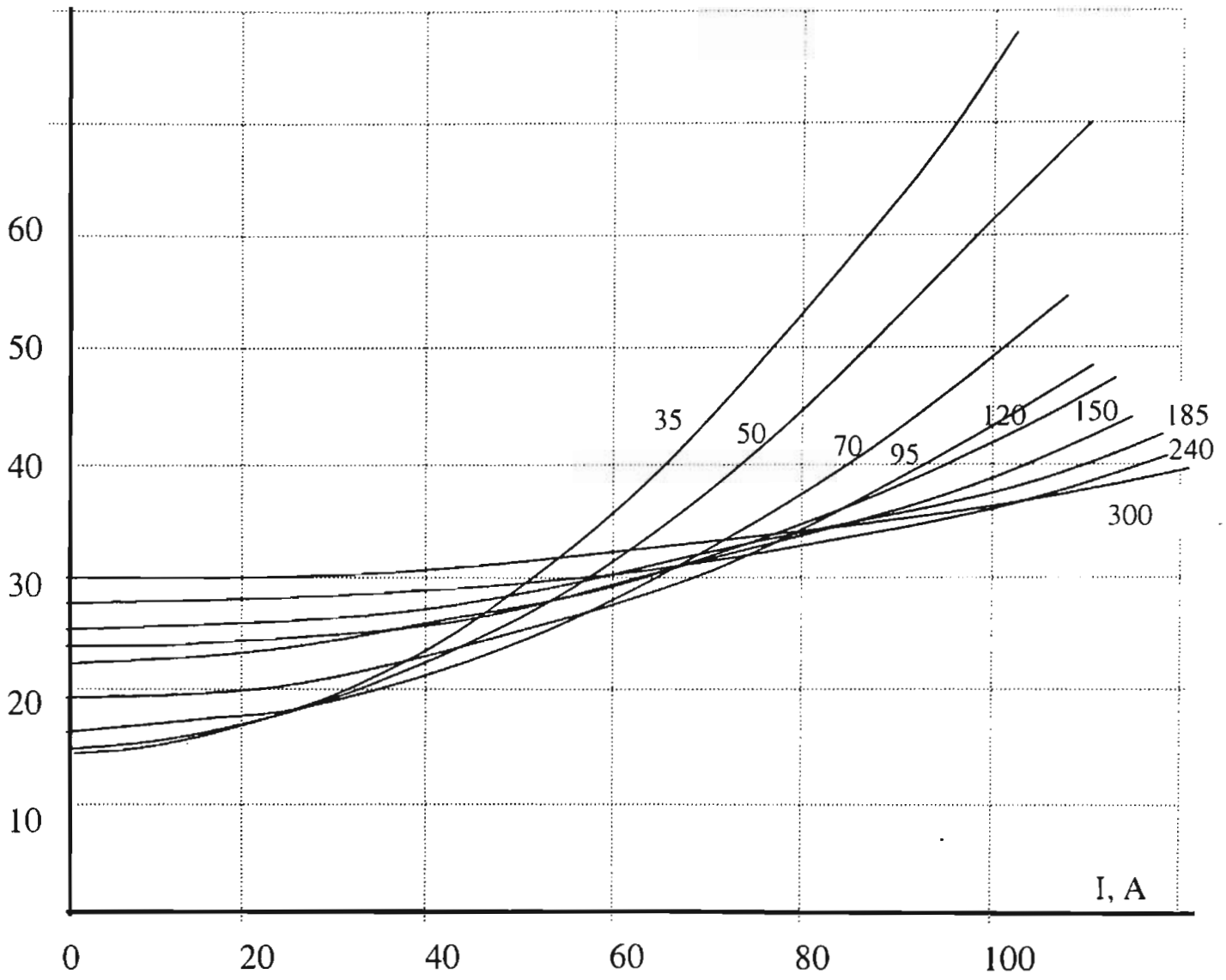
Chức năng	Ký hiệu	
	Hệ thống ký hiệu 1	Hệ thống ký hiệu 2
Cuộn dây rơle và khởi động từ		
Tiếp điểm chuyển mạch		
Tiếp điểm thường mở		
Tiếp điểm thường đóng		
Chuyển mạch		
Đóng kép		
Chuyển mạch không gián đoạn		
Tiếp điểm thường mở có thời gian đóng trễ		
Tiếp điểm thường mở có thời gian mở trễ		
Tiếp điểm thường mở có thời gian mở và đóng trễ		
Tiếp điểm thường đóng có thời gian đóng trễ		
Tiếp điểm thường đóng có thời gian mở trễ		
Tiếp điểm thường đóng có thời gian đóng và mở trễ		
Tiếp điểm có dập hồ quang		
Tiếp điểm rơle không điện		
Cuộn dây rơle thời gian trở về trễ (a): khởi động trễ (b)	a,	b,
Cuộn dây rơle dòng cực đại (a) và áp cực tiểu (b)	a,	b,



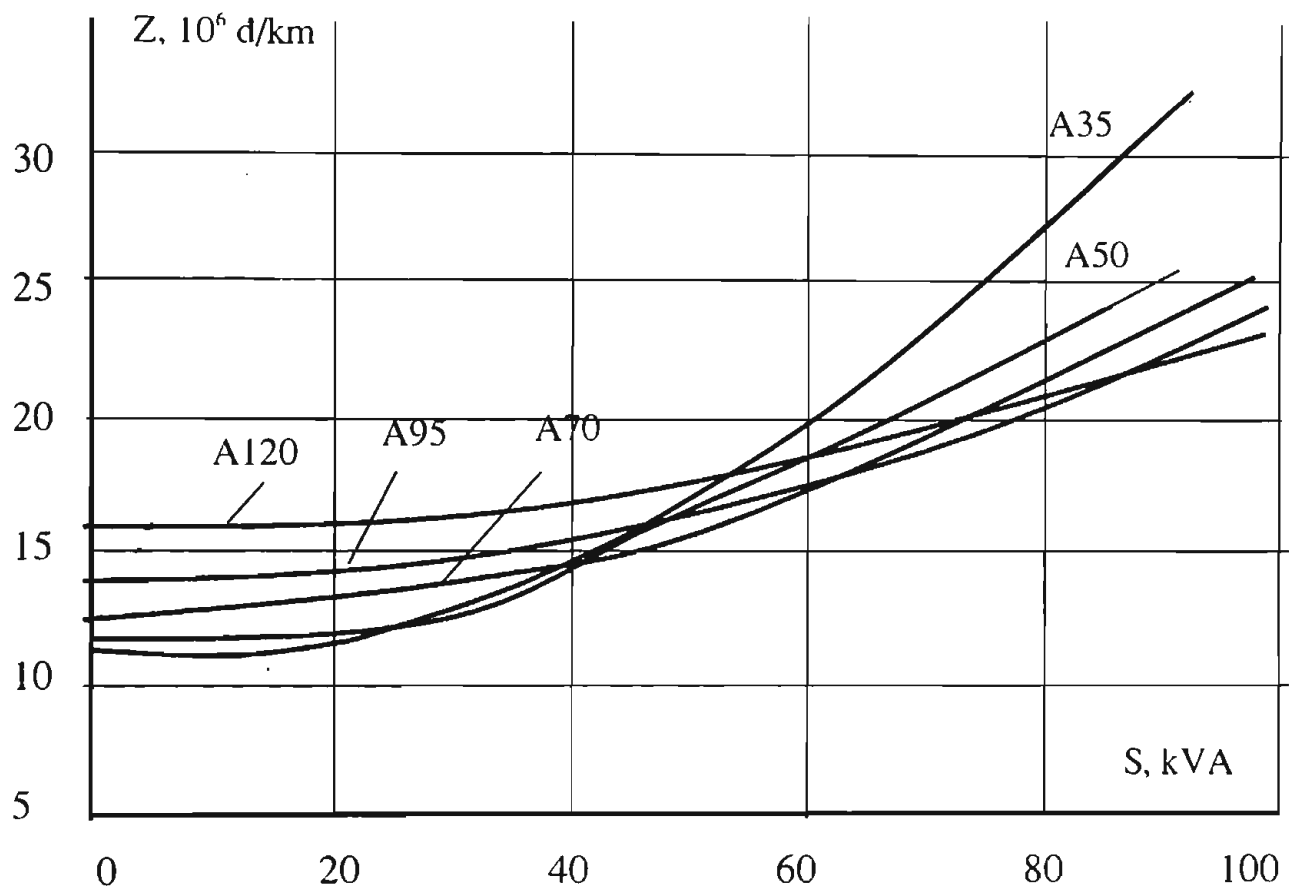
Hình 1.pl. Biểu đồ chi phí tính toán của đường dây 10 kV.



Hình 2.pl. Biểu đồ chi phí tính toán của đường dây 22 kV.



Hình 3.pl. Biểu đồ chi phí tính toán của đường dây 35 kV.



Hình 4.pl. Biểu đồ chi phí tính toán của đường dây hạ áp 0.38 kV.

BÀI TẬP CUNG CẤP ĐIỆN

Tác giả : Trần Quang Khánh

Chịu trách nhiệm xuất bản : PGS. TS. TÔ ĐĂNG HẢI

Biên tập và sửa bài: ThS. NGUYỄN HUY TIẾN

NGỌC LINH

Trình bày bìa :

HƯƠNG LAN

**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70, TRẦN HUNG ĐẠO – HÀ NỘI**

In 400 cuốn, khổ 19 × 27 cm, tại Công ty In Thương Mại (Bộ Công Thương)

Quyết định xuất bản số: 75 – 2007/CBX/256 – 02/KHKT – 21/8/2007

In xong và nộp lưu chiểu tháng 1 năm 2008.

2 0 7 2 5 8



8 935048 972588

Giá: 110.000đ