TS. TRẦN QUANG KHÁNH

BÀI TẬP
Cung cấp điện







NHÀ XUẤT BẢN
KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TS. TRẦN QUANG KHÁNH

BÀI TẬP
CUNG CẤP ĐIỆN

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI

60-6C2.103

——————— 1104-41-04

КНКТ-05

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, thâu 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

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.

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

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/đvsp.

Nếu phụ tải thay đổi theo thời gian thì :

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

Trong quy hoạch sơ bộ công suất tính toán có thể xác định theo mật độ phụ tải trên một km^2 diện tích.

$$P_{tt} = \gamma . F, \ kW, \qquad (1.3)$$

trong đó: γ - mật độ phụ tải, kW/km^2;

F - diện tích vùng quy hoạch, km^2.

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

$$P_{tt} = p_0 . F_{cs}, \ kW, \qquad (1.4)$$

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

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

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

$$k^{i}_{dt} = p^{i} + 1,5\sqrt{\frac{p^{i}.(1-p^{i})}{n_{hd}}} \qquad (1.6)$$

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 :

$$P_{tt} = k_{nc} \sum^{n} P_{ni} \qquad (1.7)$$

Hệ số nhu cầu xác định theo biểu thức

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

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

$$k_{sd\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_{n_i} k_{sdi}}{\sum_{i=1}^{n} P_{n_i}} \qquad (1.9)$$

Số lượng hiệu dụng được xác định theo biểu thức

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

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

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

Nếu số lượng thụ điện 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,

$$P_i \geq \frac{P_{M1}}{2}$$

- Xác định số lượng thiết bị n_1 của nhóm này.
- Xác định tổng công suất định mức của nhóm n_1 thiết bị
- Tìm các giá trị tương đối

$$n_* = \frac{n_1}{n} \text{ và } P_* = \frac{\sum_{i=1}^{n1} P_{ni}}{\sum_{j=1}^{n} P_{nj}} \qquad (1.12)$$

- Xác định giá trị tương đối n'_{hq} theo biểu thức

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

- Xác định số lượng hiệu dụng

$$n_{hd} = n'_{hd}.n.$$

1.1.4. Phương pháp hệ số cực đại

Công suất tính toán xác định theo hệ số cực đại

$$P_{tt}=P_{M1}=k_M P_{tb} = k_M k_{sd\Sigma} \sum_{i=1}^{n} P_{n_i} \qquad (1.14)$$

Hệ số cực đại k_{M1} được xác định theo công thức

$$k_{M1} = 1 + 1,3 \sqrt{\frac{1-k_{sd\Sigma}}{n_{hq}.k_{sd\Sigma}+2}} \qquad (1.15)$$

1.1.5. Phụ tải đỉnh nhọn

$$P_{d.nh} = k_{mm}P_{max} + k_{hc} \sum_{i=1}^{n-1} P_{n_i} \,. \qquad (1.16)$$

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

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

$\sum_{i=1}^{n-1} P_{ni}$ - 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

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

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

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

ΔP_i- số gia của công suất P_i, xác định theo bảng1.pl.[1]

Hay

$$P_{\Sigma} = \begin{cases} P_1 + k_2 P_2 & \text{nếu } P_1 > P_2 \\ P_2 + k_1 P_1 & \text{nếu } P_1 < P_2 \end{cases}$$

Hệ số k_i được xác định:

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

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

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.

$$P^i = k^i_{tM} P_{ti}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

trong đó :

P_0 – phụ tải năm cơ sở t_0;

α – suất tăng phụ tải trung bình hàng năm , $\alpha = \dfrac{\Sigma\alpha_i}{n}$;

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

$$P_t = a + bt + c\,t^2 \qquad (1.23)$$

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

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

c, Hàm mũ

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

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

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

$$C_t = \frac{P_{t+1}}{P_t} \qquad C = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n} C_i} \qquad (1.25)$$

Như vậy hàm mũ có thể biểu diễn dưới dạng

$$P_t = P_0 C^t \qquad (1.26)$$

d. Mô hình dự báo logistic

Mô hình dự báo logistic có dạng:

$$P_t = \frac{A}{P_0 + Be^{-\alpha t}}; \qquad (1.27)$$

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

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

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

$A = P_0 . P_b$

$B = P_b - P_0$

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:

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

$\mu_{P,t}$ – 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

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

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

$$t = \frac{r_{p,t}.\sqrt{n-2}}{\sqrt{1 - r_{p,t}^2}} > t_b, \qquad (1.31)$$

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

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

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

P_i, P_{dbi}– 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 $\delta\% = \frac{\delta}{P_{th}} 100\%$ (1.33)

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

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

$$\delta_t = \delta \sqrt{\frac{\alpha}{2-\alpha}.\left[1 + 4.(1-\alpha) + 5.(1-\alpha)^2 + 2\alpha.(4-3\alpha).1 + 2\alpha^2 I^2\right]},$$

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

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

l – năm dự báo

* Khoảng tin cậy của hàm dự báo:

$P_i = P_{dbi} \pm 3\delta_i$

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 $\varepsilon\%$.

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

H(Y) - entropi của tập quan sát y_i;

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

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.

$$H(Y/X) = -\sum^{n} p_{(X_i)} . \log_2 p_{(Y/X_i)} \qquad (1.36)$$

$p(Y/X_i)$ – xác suất có điều kiện của đại lượng

$$p(Y/X_i) = 1 - \frac{|Y_i - Y_{iq}|}{Y_i} \qquad (1.37)$$

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

$$k_{sd} = k_{lv}.k_{lt}.$$

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

Đèn sợi đốt $k_{sd} = 0,25.1 = 0,25$

Quạt $k_{sd} = 0,29.0,8 = 0,23$

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; Số lượng các thiết bị lớn là n_j =3;

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

n_{hd} = 0,264. 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_{ts}	k_{nd}	k_{sd}	$k_{sd}.P_d$
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

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

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:

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

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

Công suất tính toán tại các thời điểm

$$P^d = k^d_{dt}.\ n.p_0 = 0,81.\ 124.\ 0,85 = 85,2\ kW;$$

$$P^n = k^n_{dt}.\ n.p_0 = 0,36.\ 124.\ 0,85 = 38,1\ kW;$$

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

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

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, 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

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

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

$$k = \frac{14}{3} = 4,67 < 5$$ (theo điều kiện b*ảng* 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

$$P_{tt} = k_{nc}\Sigma P_{ni} = 0,7.63,4 = 44,59 \text{ kW}.$$

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

$$k_M = 1 + 1,3\sqrt{\frac{1 - k_{sd\Sigma}}{n_{hq}.k_{sd\Sigma} + 2}} = 1 + 1,3\sqrt{\frac{1 - 0,54}{5.0,54 + 2}} = 1,35$$

Công suất tính toán

$$P_{tt} = k_M k_{sd\Sigma}.\Sigma P_{ni} = 1,35.\ 0,54.63,4 = 46,31 \text{ kW}$$

Đánh giá sai số tương đối giữa hai phương pháp

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

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 $P_{đ} = p_0.F$, 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	$P_{đ}$, kW	$k_{đt}^n$	$k_{đt}^d$	$P_{đ}.k_{đt}^n$	$P.k_{đt}^d$
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

$$k^n_{đt} = \frac{\sum P_i k_{đti}}{\sum P_i} = \frac{6,173}{16,21} = 0,381 \text{ và } k^d_{đt} = \frac{12,15}{16,21} = 0,75.$$

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

$$P^n = k^n_{đt}.\sum P = 0,381.\ 16,21 = 6,173 \text{ kW}$$

$$P^d = k^d_{đt}.\sum P = 0,75.16,21 = 12,145 \text{ kW}.$$

Như vậy công suất tính toán của phụ tải dịch vụ công cộng là $P_{tt} = 12,145$ 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 úng là 326 ha.

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

$$P_{tưới} = p_{0tưới}F_{tưới} = 0,08.847 = 67,76 \text{ kW}.$$

Phụ tải tính toán của trạm bơm tiêu

$$P_{tiêu} = p_{0tiêu}\ F_{tiêu} = 0,35.326 = 114,1 \text{ kW}.$$

Phụ tải thuỷ lợi tổng hợp

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

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	-	-
cosφ	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_n; 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

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

Các tính toán được thực hiện dưới dạng bảng sau

	P_n; kW	k_{sd}	cosφ	ksd.P'_n;	cosφ. P'_n;
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

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

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

$$P_{tt} = k_{nc}\Sigma P_{ni} = 0,73.40,29 = 29,35 \text{ kW}.$$

Hệ số công suất trung bình

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

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

$$P_{tb} = k_{sd\Sigma}\Sigma P'_{ni} = 0,56.40,29 = 22,71 \text{ kW}$$

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

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

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

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

$$P_{d.nh} = k_{mm}.P_{max} + k_{nc2}\sum_{i=1}^{n} P'_{ni} = 4,5.10 + 0,75.30,29 = 67,73 \text{ kW};$$

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_{sd}	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^n_{tM} = 1 và k^d_{tM} = 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:

$$P_{dl}^n = P_{dl}.\ k_{tM}^n = 43,67.1 = 43,67 \text{ kW}$$

$$P_{dl}^d = P_{dl}.\ k_{tM}^d = 43,67.0,6 = 26,202 \text{ kW}$$

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

$$P^n_{sd} = 38,13+[(\frac{7,89}{5})^{0,04} - 0,41].7,89 = 42,93 \text{ kW};$$

$$P^d_{sd} = 85,2+[(\frac{15,3}{5})^{0,04} - 0,41].15,3 = 94,93 \text{ kW}$$

Phụ tải tổng hợp của toàn điểm dân cư

$$P^n_{\Sigma} = 44,59+[(\frac{42,93}{5})^{0,04} - 0,41].42,93 = 73,77 \text{ kW};$$

$$P^d_{\Sigma} = 94,93+[(\frac{26,754}{5})^{0,04} - 0,41].26,754 = 112,57 \text{ kW}$$

Như vậy công suất tính toán sẽ là

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

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_{sd}	cosφ	P_n, kW	k_{sd}	cosφ	P_n, kW	k_{sd}	cosφ
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 $p_0 = 25\ W/m^2$

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

$$P_{cs1} = p_0.F_1 = 0,025.80 = 2\ kW$$

- 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

$$k_{sd\Sigma} = \frac{\Sigma P_i.k_{sdi}}{\Sigma P_i} = \frac{0,8.0,56 + 1,1.0,72 + 2,2.0,49 + 3.0,67 + 7,5.0,45 + 10.0,44}{0,8 + 1,1 + 2,2 + 3,0 + 7,5 + 10} =$$

$$= \frac{12,1}{24,6} = 0,492$$

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

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

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

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

$$P_{dl1} = k_{nc}.\ \Sigma P_i = 0,763.24,6 = 18,764\ kW\ ;$$

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:

$$\cos\varphi_\Sigma = \frac{\Sigma P_i.\cos\varphi_i}{\Sigma P_i} = \frac{0,8.0,72 + 1,1.0,84 + 2,2.0,71 + 3.0,8 + 7,5.0,7 + 10.0,7 + 2.1}{0,8 + 1,1 + 2,2 + 3 + 7,5 + 10 + 2} =$$

$$= \frac{19,71}{26,6} = 0,745$$

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

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

Công suất biểu kiến của phân xưởng

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

Công suất phản kháng $Q_t = S_t.\sin\varphi_\Sigma = 27,79.\ 0,671 = 18,48$ 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},kVAr	S_{tt},kVA
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

$$k_{sd\Sigma XN} = \frac{\Sigma P_i.k_{nci}}{\Sigma P_i} = \frac{20,764.0,492 + 48,275.0,618 + 18,05.0,61}{20,764 + 48,275 + 18,05} = \frac{51,08}{87,09} = 0,586$$

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

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

Tổng công suất tác dụng của toàn xí nghiệp:

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

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

Tổng công suất phản kháng: $Q_{XN} = S_{XN}.\sin\varphi_{XN} = 94,71.0.65 = 61,69$ 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 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 $p_0 = 1,5$ 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 $p_{0cs} = 25$ W/m^2.

Giải: Tổng số hộ gia đình n = 12x15 = 180 hộ

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

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

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

Toàn chung cư có 12x10 = 120 căn hộ lớn và 12x5 = 60 căn hộ bé, vậy phụ tải sinh hoạt của toàn chung cư

$$P^n_{sh} = k_{dt}^n \sum p_0 n_i = 0,4.(1,5.120 + 1,2.60) = 101,64 \text{ kW}$$

$$P^d_{sh} = k_{dt}^d \sum p_0 n_i = 0,75.(1,5.120 + 1,2.60) = 189,31 \text{ kW}$$

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

$$P'_{tm} = P_{n.tm}\sqrt{\varepsilon} = 7.\sqrt{0,8} = 6,26 \text{ kW}$$

Tổng công suất của các thang máy

$$P_{\Sigma tm} = k_{nc.tm}.\sum P_{tm} = 0,58.6.6,26 = 21,79 \text{ kW}$$

(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 $P^n_{tm} = P^d_{tm} = 21,79$ kW

Công suất chiếu sáng: $P_{cs} = 0,025*375 = 9,375$ 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	$P_{t.m}^n$	$P_{t.m}^d$	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

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

Phụ tải tổng hợp của toàn điểm dân cư

$$P^n_{\Sigma} = 101,64+[(\frac{21,79}{5})^{0,04} - 0,41].21,79 = 115,81 \text{ kW};$$

$$P^d_{\Sigma} = 189+[(\frac{27,55}{5})^{0,04} - 0,41].27,55 = 207,52 \text{ kW};$$

Như vậy công suất tính toán sẽ là

$$P_{tt} = Max(P^n_{\Sigma}; P^d_{\Sigma}) = Max(115,82; 207,52)= 207,52 \text{ kW}$$

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

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

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

$$P_t = a + bt;$$

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):

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

Phương sai:

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

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

Mômen tương quan:

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

Bảng 1.10.b. Số liệu tính toán bài 1.10

Năm	t	A	$\Delta t= t-t_{tb}$	$\Delta A=A-A_{tb}$	$\Delta t.\Delta A$	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 $r_{At}=\frac{\mu(A,t)}{\sigma_A.\sigma_t}=\frac{254,167}{120,05.2,16}=0,98$

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): $P_0[1+.\alpha.(t-t_0)]$

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

$$\alpha_{tb} = \frac{\Sigma\alpha_i}{n} = \frac{0{,}505}{6} = 0.084$$

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

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_{db1}	A_{db2}	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:

$$\delta_{tb1} = \frac{100}{A_{tb}}\sqrt{\frac{\Sigma\delta_i^2}{n}} = \frac{100}{653,29}\sqrt{\frac{3348,16}{7}} = 3,35\%$$

$$\delta_{tb2} = \frac{100}{A_{tb}}\sqrt{\frac{\Sigma\delta_i^2}{n}} = \frac{100}{653,29}\sqrt{\frac{13997,88}{7}} = 6,85\%$$

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 parapol 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:

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

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	$A.10^3$	$A_{DB}.10^3$	$\delta_i.10^3$	$\delta_i^2.10^6$
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**

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

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

$$\delta_{tb} = \sqrt{\frac{1}{n}.\sum \delta_i^2} = \sqrt{\frac{22,176.10^6}{5}} = 2106 \text{ kWh}$$

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

$A_1 = 680778$ kWh

$A_{DB1} = 667904,9 + 12693,8.1 + 113,57.1^2 = 680712$ kWh

$\delta_1 = 680778 - 680712 = 65,73$ 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:

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

Nhận 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:

$$A = 390,7 - 0.26.\ t + 7.02.t^2$$

Đánh giá sai số: Căn cứ vào mô hình dự báo tìm được ta xác định phụ tải dự báo A_{db} 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_{db}	$\delta_i = A_i - A_{db}$	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:

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

Sai số dự báo

$$\delta_t = \delta_{tb}.\sqrt{\frac{\alpha}{2-\alpha}.\left[1 + 4.(1-\alpha) + 5.(1-\alpha)^2 + 2\alpha.(4-3\alpha).l + 2\alpha^2 l^2\right]}$$

$$\alpha = \frac{2}{n+1} = \frac{2}{7} = 0.286$$

ứng với năm 2005 ta có l =1

$$\delta_{04} = 1.296.\sqrt{\frac{0.286}{2-0.286}.\left[1 + 4.(1-0.286) + 5.(1-0.286)^2 + 2.0.286.(4-3.0.286).1 + 2.0.286^2.1^2\right]}$$

$$= 0,889$$

Điện năng dự báo ở năm 2005

$$A_{db05} = 390,7 - 0.26.\ 7 + 7.02.7^2 = 732,86 \text{ kWh}$$

Sai số dự báo tương đối ở năm 2005

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

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

A_{d06}=732,86-3.0,889 = 730,9; A_{t06} =732,86 + 3.0,889 = 735,53 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	δ %	A_{db05}	A_d	A_t
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):

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

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

t	X	A	$\Delta X = X - X_{th}$	$\Delta A = A - A_{th}$	$\Delta X.\Delta A$	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:

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

Mô hình dự báo tuyến tính có dạng:

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

Vậy hàm tương quan có dạng:

$$A = 0,412 + 1,775.X$$

Đánh giá mức độ tin cậy của hàm dự báo

Với hệ số tương quan là

$$r_{At} = \frac{\mu(A,X)}{\sigma_A.\sigma_X} = \frac{9,27}{4,06.2,28} = 0,99$$

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 ε = 0,2, trước hết ta xác định giá trị A_{tq} theo hàm tương quan vừa tìm được

$$A = 0,412 + 1,775.X;$$

với X_1 = 3,2 ta có A_1 = 0,412 + 1,775. 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_{tq}	$p_{(A/X)}$	$\log_2 p_{(A/X)}$	$p_{(A/X)}.\log_2 p_{(A/X)}$
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

$$p_{(A/X1)} = 1 - \frac{|A - A_{tq1}|}{A} = 1 - \frac{6-6,092}{6} = 0,985;$$

$$\log_2(p_{(A/X)}) = 3,322.\lg(p_{(A/X)}) = 3,322.(-0,007) = -0,022;$$

$$p_{(A/X1)}.\log_2(p_{(A/X)}) = 0,985.\ 0,022 = 0,0219$$

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.

$$H(A/X) = -\sum^{n} p_{(X_i)}.\log_2 p_{(A/X_i)} = 0,1618$$

Xác định xác suất $p_{(Ai)}$ 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 $p_{(Ai)} = 1/9$

Xác định entropi của tập quan sát A_i;

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

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

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

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

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

Xác định suất gia tăng hàng năm:

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

$a_2 = 0,05;\ a_3 = 0,6;\ a_4 = 0.05;\ a_5 = 0,06;\ a_6 = 0,06$

$$\rightarrow a = \sqrt[6]{\prod_{i}^{6} a_i} = 0,054$$

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

$$P_{t4} = \frac{1596000}{532 + 2468.e^{-0,054.14}} = 953 \text{ W/hộ}$$

Đánh giá sai số của mô hình

$$\delta P = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}(P_t - \overline{P}_t)^2}{n}} = \sqrt{\frac{3117,35}{7}} = 21,1 \text{ W}$$

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

tt	P, W/hộ	$\overline{P}$	P - P	$(P - \overline{P})^2$
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_{th} = 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_{nt}
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.

Pn, kW	2,2	7,5	5,5	10	13	10	3	13
k_{nl}	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	-	-
cosφ	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^n_{tM} = 1 và k^d_{tM} = 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. 1.8

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

Tham số t.bị	P_n; kW	k_{sd}	cosφ	P_n; kW	k_{sd}	cosφ	P_n; kW	k_{sd}	cosφ
1	1	1,5	0,65	0,75	2,2	0,78	0,78	0,8	0,78
2	2	2,2	0,68	0,76	3	0,81	0,82	1,1	0,82
3	3	4	0,73	0,78	6	0,8	0,78	1,5	0,81
4	4	3	0,74	0,77	7,5	0,67	0,71	3	0,79
5	5	5,5	0,66	0,73	10	0,58	0,67	5,5	0,68
6	6	7,5	0,53	0,69	12	0,68	0,69	7,5	0,56
7	7				5,5	0,76	0,8	4	0,68
8	8				3	0,65	0,68	10	0,45
9	9							5,5	0,68

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_{tb} = 1,4 kW và của mỗi căn hộ nhỏ là 1,2 kW; toàn bộ chung cư có thang máy công suất của mỗi thang máy là 7,5 kW với hệ số tiếp điện ε = 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_{0cs} = 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

$$Z = a_{tc}V + C_{\Sigma}, \qquad (2.1)$$

trong đó:

V - vốn đầu tư thiết bị;

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

T_{tc} - 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:

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

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

$$C_{bt} = \Delta A.c_{\Delta}$$

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

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

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

$$C = C_{bt} = \Delta A.c_{\Delta}$$

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

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

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

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

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.

$c\Delta$ - giá thành hao tổn điện năng

- Chi phí quy đổi của trạm biến áp

$$Z_{BA} = p_{ba}.(m + n.S_{nBA}) + (\Delta P_k k^2_{mt}\tau + \Delta P_0 t)c_{\Delta}; \qquad (2.5)$$

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

k_{mt} - 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

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

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

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

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

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

$T = T_{tc}$; 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 = const thì có thể áp dụng biểu thức

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

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

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

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)

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

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

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

trong đo: J_{kt} - mật độ dòng điện kinh tế của đường dây A/mm^2;

ρ - điện trở suất của đường dây, Ω.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

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

Hay

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

$$I_{gh} = J_{kt}\ \sqrt{F_1 F_2}\ . \qquad (2.11)$$

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 giã các đường dây;

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

trong đo: 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

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

trong đo: 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

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

N - số phần tử trong hệ thống điện.

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

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

trong đó:

U_i – cấp điện áp cần so sánh (i = 1÷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}

$$Z_{ij} = 3_j\, l_{ij} + (3_{i+j} - 3_i)\, L_{0i} \;\Rightarrow \min \qquad (2.18)$$

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_{0i} - 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

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

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

$$c_A = (1 + 0.02\Delta A\%)(\alpha \frac{k_f}{\tau} + g_{sx}), \quad (2.20)$$

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 tăm 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)

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

trong đó:

B - doanh thu, đồng;

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

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_1 và chi phí khấu hao

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

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

$$T_{lt} = L_{tt} .s \quad ; \tag{2.24}$$

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

$$T_2 = T_1 - T_{lt}; \tag{2.25}$$

- Trường hợp có vay vốn

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

Dòng tiền sau thuế: $T_2 = T_1 - T_{lt} - V_{V+L}$, (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

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

* Tỷ số giữa doanh thu và chi phí

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

* **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 .

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

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

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.

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

Phương trình trên có thể giải gần đúng.

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

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:

$$Z_i = pV_i + C_i$$

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

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

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

Như vậy ta thấy mặc dù vốn đầu tư ban đầu lơn 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: *X*ác 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

$Z_1 = pV_1 + C_1 = (0{,}165.443{,}52 + 32{,}42) = 105{,}60$

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

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):

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

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

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	$Z_1.\beta^{t-1}$	V_2	C_2	Z_2	$Z_2.\beta^{t-1}$
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

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

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

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

Giá trị hệ số quy đổi:

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

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

Ta xác định chi phí quy đổi cho năm thứ nhất

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

$Z_1\ \beta^{t-1} = 100.92.\ 1 = 100.92$

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):

$Z_8 = (0,165\ .\ 734,5 + 77,42) = 198.61$

$Z_8.\beta^{8-2}/i = (198.61.\ 4,22) = 838,53$

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	$Z_1.\beta^{t-1}$	V_2	C_2	Z_2	$Z_2.\beta^{t-1}$
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

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

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_{tt} = 158 kW; Thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 3500 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 $v_0 = 47,55.10^6$ đ/km; Thời gian thu hồi vốn đầu tư T_{tc} = 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_A = 650 đ/kWh.

Giải: Điện năng tiêu thụ trong năm

$$A = P_{tt}T_M = 158.3500 = 553000 \text{ kWh};$$

Tổn thất trong mạng ΔA = 0,20. 553000 =110600 kWh

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

Vậy giá thành đường dây

$$V = v_0 l = 47,55.6,53 = 310,502.10^6 \text{ đ}.$$

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

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

Chi phí vận hành

$$C_{vh} = k_{o\&M}V = 0,015.\ 310,502.10^6 = 4,66.10^6 \text{ đ}.$$

Chi phí tổn thất

$$C_{ht} = \Delta A.c_A = 110600.650 = 71,89.10^6 \text{ đ}.$$

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

$$C_f = 0,15.4,66.10^6 = 0,7.10^6 \text{ đ}.$$

Tổng chi phí tính toán

$$Z = pV + C_{vh} + C_{ht} + C_f = (0,105.\ 310,502 + 4,66 + 71,89 + 0,7)10^6 = 109,75.10^6 \text{ đ}$$

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 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 = 47,55.10^6 đ/km; thời gian thu hồi vốn đầu tư T_{tc} = 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_A = 650 đ/kWh.

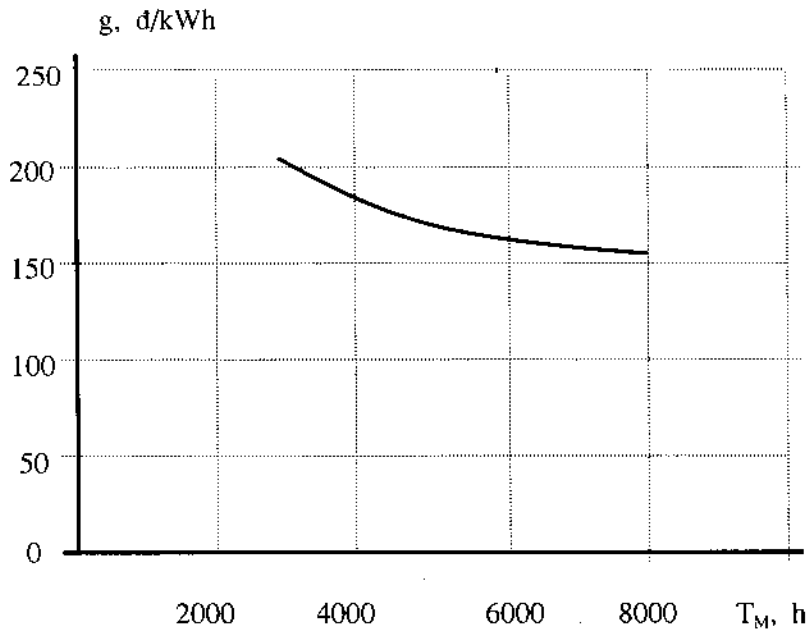
Giải:

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 VD2.5sau

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.10^6đ	C_{vh}	C_{hi}	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

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

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, mm²	V,10⁶đ/km	ΔF	ΔV	ΔF²	ΔV²	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	46,67	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 $\sigma^2_F = \frac{\Sigma\Delta F^2}{n-1} = \frac{64150}{9-1} = 8018,75 \quad \rightarrow \sigma_F = 89,55$

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

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

Hàm tuyến tính có dạng:

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

(10^6đ/km)

V = 58,75 + 0,241.F, (10^6đ/km);

Với mức tin cậy 99%

$$t = \frac{r(n-2)}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0,99.7}{\sqrt{1-0,99^2}} = 42,26 > t_{0,01}=5,4 \text{ (bảng 51.pl.)[1]}$$

Vậy ta được các hệ số kinh tế của đường dây

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

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 $r_{v.t}$ 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.mm^2; thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 3690 h; giá thành tổn thất điện năng c_Δ= 350 đ/kWh; điện trở suất của dây dẫn ρ =31,5 Ωmm^2/km; thời gian tiêu chuẩn thu hồi vốn đầu tư là T_{tc} = 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

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

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

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

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

$$j_{kt} = \sqrt{\frac{p.b.10^3}{3.\rho.\tau.C_\Delta}} = \sqrt{\frac{0,18.0,241.10^9}{3.31,5.2130.350}} = 0,78\ A/mm^2$$

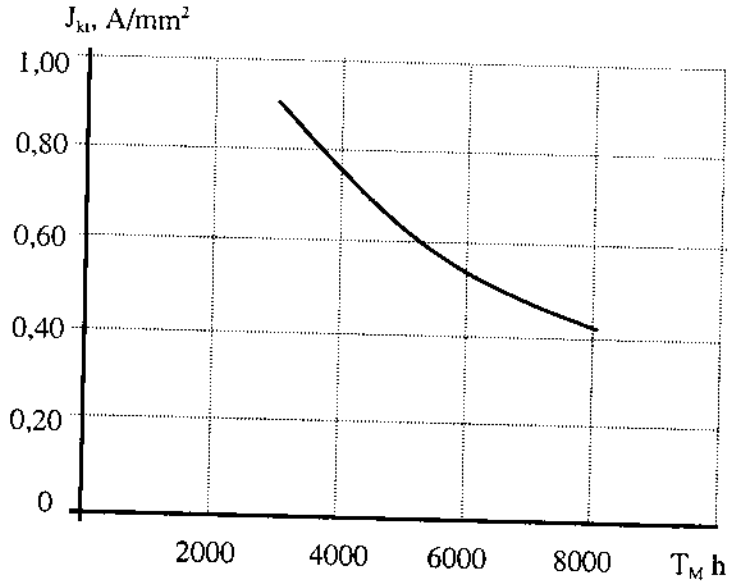
Bài 2.8: Hãy xác định quan hệ phụ thuộc giữa mật độ dòng điện kinh tế với thời gian sử dụng công suất cực đại biết: hệ số kinh tế thay đổi của đường dây là b = $0,241.10^6$ đồng/km.mm^2; giá thành tổn thất điện năng c_Δ= 350 đ/kWh; điện trở suất của dây dẫn ρ =31,5 Ω.mm^2/km; thời gian tiêu chuẩn thu hồi vốn đầu tư là T_{tc} = 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

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

Đối với đường dây 35 và 50 mm²

$$I_{35\text{-}50} = 0,78\sqrt{35.50} = 32,63 \text{ A}$$

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

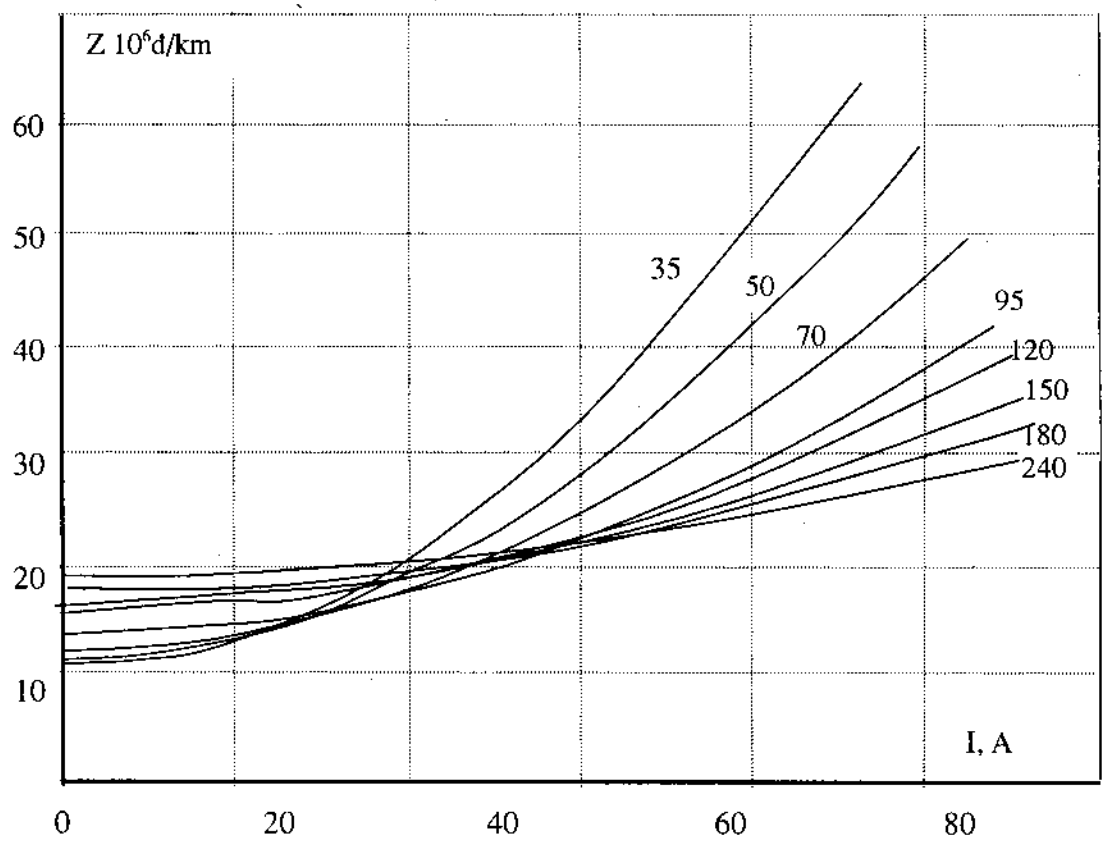
Bảng VD.2.9. Khoảng kinh tế của đường dây 10 kV

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, 10^6đ/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: τ = 3750h ; C_Δ= 650 đ/kWh, thời gian thu hồi vốn đầu tư T_{tc} = 8 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_{tc}= 1/T_{tc}=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;

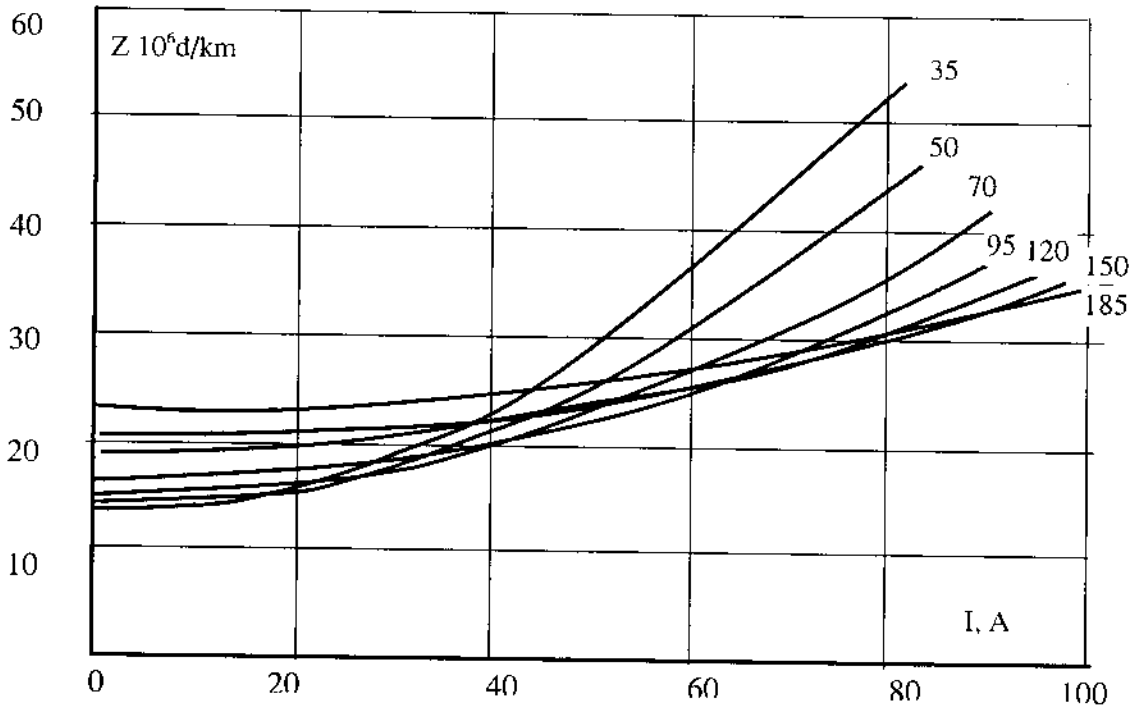
Chi phí quy đổi ứng với từng cấp dây dẫn được xác định theo biểu thức :

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

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:

$$Z_0 = 0,165.\ 80,75.10^6 + 3.0,85.\ 3750.\ 650.\ .0^2.10^{-3} = 13,32.\ 10^6 đ/km;$$

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: τ = 3750h ; C_Δ= 650 đ/kWh, thời gian thu hồi vốn đầu tư T_{tc} = 8 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, (10^6đ/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
	Z, Chi phí tính toán của đường dây 22 kV ứng với các cấp dây dẫn, (10^6đ/km)								
I	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, (10^6đ/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

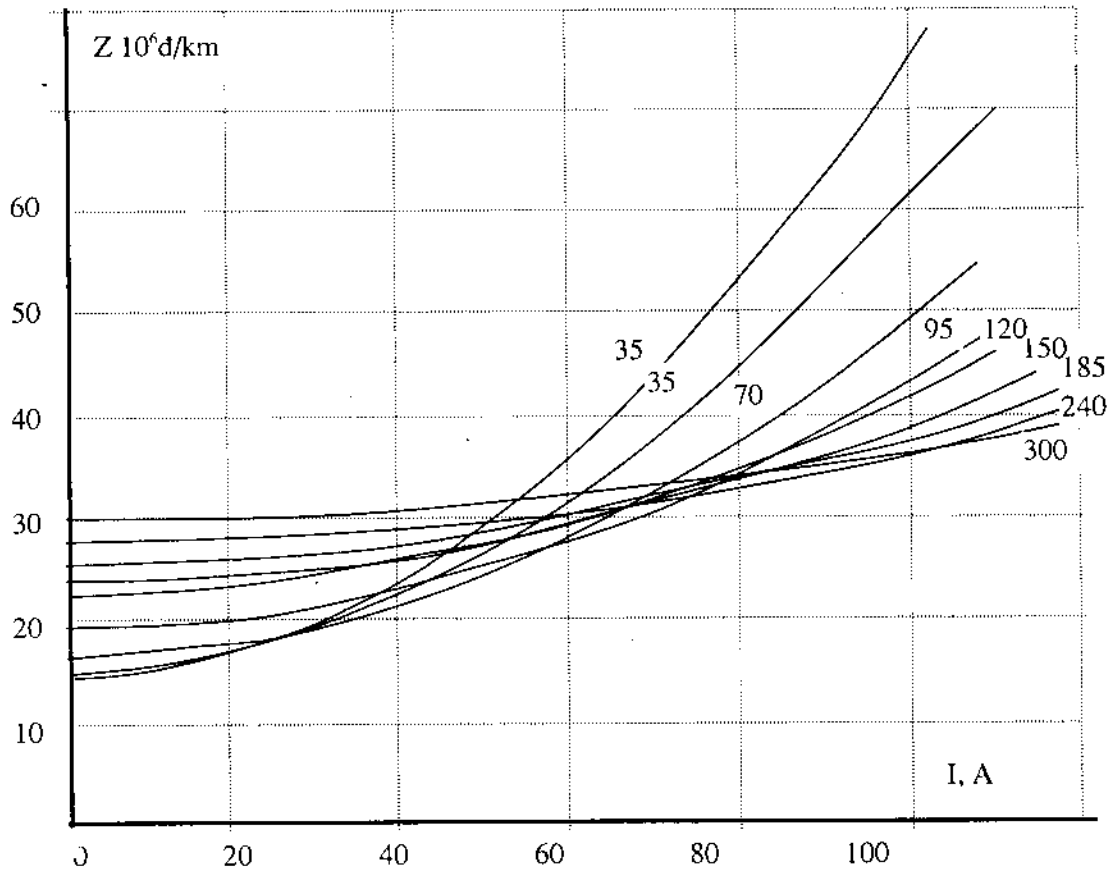
Trên cơ sở số liệu tính toán bảng 2.10. ta dễ dàng xây dựng được biểu đồ các đường cong chi phí tính toán của các đường dây (hình 2.3. và hình 2.5). Biểu đồ này cho phép áp dụng để tính toán các chỉ tiêu kinh tế – kỹ thuật khác một cách dễ dàng và thuận tiện.

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 đ	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; ρ = 31,5 Ω.mm²/km; τ = 2969h. và giá thành tổn thất c_Δ = 650 đ/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

$$V = (23,46+0,37F)\ 10^6\ đ./km;$$

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

$$s_{gh} = 3,42\sqrt{F_1F_2}.U_1\sqrt{\frac{pb10^3}{\rho.\tau.c_A}} = 3,42\sqrt{35.50}.0,22\sqrt{\frac{0.16.0.37.10^6 10^3}{31.5.2969.650}} = 31,06\ kVA$$

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

Với S = 0 ta có $Z_0 = pV = 0,16.38.10^6 = 6,08.10^6$đ/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 10^6đ/km	6,08	6,72	7,68	9,12	11,04	12,8

$S_{giới\ hạn}$	31,06	43,9	60,5	79,22	99,85	124
Z_{gh} 10^6đ/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:

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

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

$$Z = 0{,}16.35{,}8.10^6 + \frac{10^2.1{,}25.2969.650}{3.0{,}22}10^{-9} = 5{,}97.10^6 \text{ đ/km}$$

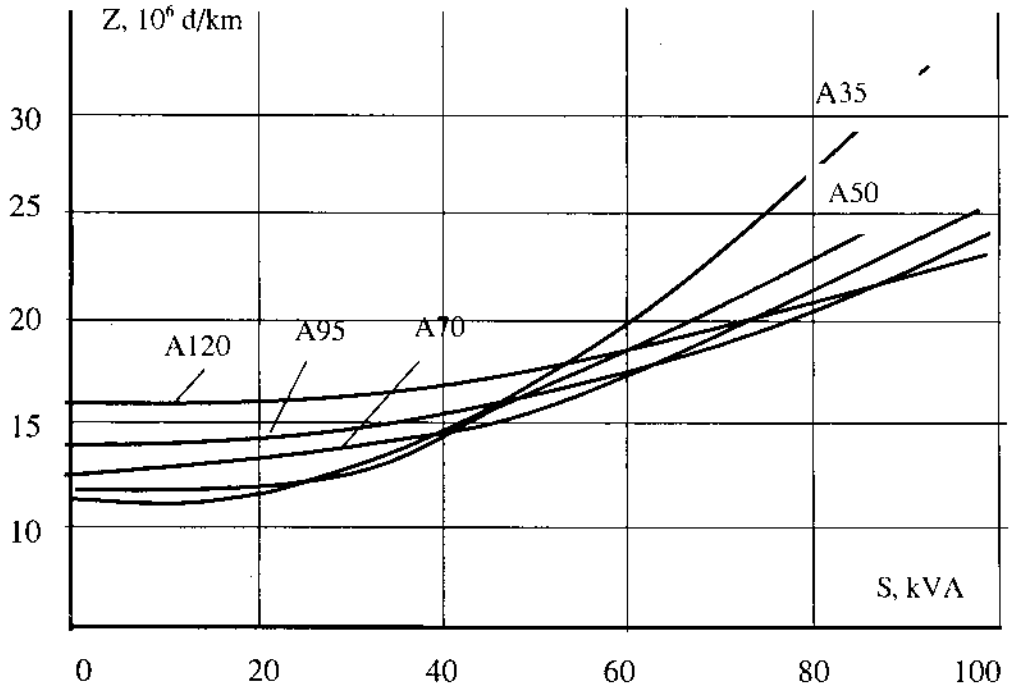
Tính toán tương tự cho các trường hợp khác, kết quả ghi trong bảng VD3.9. Dựa vào kết quả tính toán bảng VD3.9. ta xây dựng các đường cong chi phí tính toán hình 2.6.

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, 10^6đ	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

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

Bảng VD.2.14. Kết quả tính toán bài 2.14

TT	$S_{,MVA}$	$V.10^6$đ	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

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

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

Vậy m = 94,06 triệu đồng; n = 22 tr.đ/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:

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

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

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:

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

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

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

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: $U = \frac{814}{23,2} = 34,98$ 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	$Z_j.10^6$ 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 $3_1 = 15,6.10^6$ 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, 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_{0j}. Chi phí từ nguồn 0 đến điểm 1

$$Z_{01} = 3_1.l_{01} = 15,6.10^6.1,11 = 17,316.10^6$$

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 $Z_{03} = 3,312.10^6$ = 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 đây để cung cấp cho các điểm tải còn lại. Như vậy đã có 2 điểm đấu 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

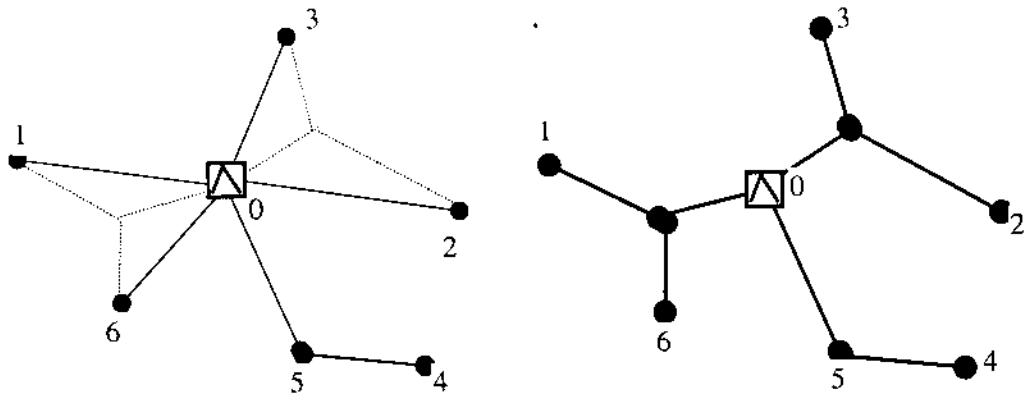
$$Z_{31}=3_1l_{31}+(3_{3+1}-3_3).L_{03}=15,6.10^6.1,03+(23.11,04).10^6.0,3= 18,28.10^6$$

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 $3_{3+1} = 23.10^6$ (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}

i \ j	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 $Z_{05} = 3,397.10^6$ = 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 $Z_{05} = 5,02.10^6$ = min nối 5 với gốc 0 và tính Z_{5j}. Ở bước này ta thấy $Z_{02} = 8,25.10^6$= min nối 2 với 0 và tính Z_{2j}; ở bước này $Z_{54} = 10,606.10^6$ = 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_{01} =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 giá 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} là1000$, 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

$$V_v = 15000.\ 50\% = 7500\ \$,$$

Số vốn phải hoàn lại mỗi năm là

$$V_{tV} = 7500 : 5 = 1500\ \$,$$

Tiền trả lãi ở năm đầu là

$$V_{trl.1} = 7500\ .\ 10\% = 750\ \$,$$

Trả lãi ở năm thứ hai là

$$V_{trl.1} = (7500 - 1500)\ .\ 10\% = 600\ \$.$$

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_{trl}	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_1'	T_2	$B_t.\beta'$	$C_1.\beta'$	$T_2.\beta'$	$T_2.\beta'_2$	$T_2.\beta'_2$
	(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:

$$T_0 = B_1 - C_{vh} = 0 - 7500 = -7500\ \$$$

Ở năm thứ nhất: $T_1 = B_1 - C_{vh1}$ =7000 - 1000 = 6000 $

Lợi tức chịu thuế ở năm thứ nhất

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

Thuế lợi tức ở năm thứ nhất

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

Tổng chi phí

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

$$C_{1.1} = 1000 + 1500 + 750 + 1125 = 4375\ \$$$

Dòng tiền sau thuế

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

$$T_{2.1} = 6000 - 1500 - 750 - 1125 = 2625\$$$

$$NPV = 2605,5\ \$$$

Tỷ số B/C $\quad R = \dfrac{25690}{15667,5} = 1,64$

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

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 kW; thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 3480 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 ΔA = 8,5%; Tổng số vốn của dự án $V_\Sigma = 1350.10^6$ VNĐ, trong đó vốn tự có là 950.10^6 đ. và vốn vay ngân hàng là 400.10^6 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 đ/kWh, giá bán điện g_b = 650 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 năm.

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

Trước hết ta xác định sản lượng điện bán ra:

$$A_b = P_M.T_M = 325 \cdot 3480 = 1131.10^3 \text{kWh}$$

Lượng điện năng tổn thất:

$$\Delta A = 1131.10^3 . 0.085 = 96,14.\ 10^3 \text{ kWh}$$

Điện năng mua vào:

$$A_m = A + \Delta A = (1131 + 96,14)10^3 = 1227,14.10^3 \text{ kWh}$$

Chi phí mua điện:

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

Doanh thu:

$$B = A_b\ .\ g_b = 1131.10^3.\ 750 = 848,25 \text{ tr.đ.}$$

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

$$A_{b.2} = 1131\ (1+0,0)^{(2-1)} = 1187,5.10^3 \text{ kWh}$$

Chi phí vận hành hàng năm:

$$C_{vh} = k_{O\&M}.V_{\Sigma} = 0,045.\ 1350.10^6 = 60,75 \text{ tr.đ.}$$

Chi phí khấu hao

Năm thứ nhất: $C_{kh.1} = \dfrac{1350.10.10^6}{55} = 245,45.\text{tr.đ.}$

Năm thứ hai: $C_{kh.2} = \dfrac{1350.9.10^6}{55} = 220,91.\ \text{tr.đ.}$

Trả vốn hàng năm

$$V_{tV} = 400.10^6/10 = 40.\text{tr. đ.}$$

Trả lãi năm thứ nhất:

$$V_{trl.1} = 400.10^6\ .\ 0,05 = 20.\text{tr. đ.}$$

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

Tổng chi phí không kể khấu hao năm thứ nhất.

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

Dòng tiền trước thuế

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

Lãi chịu thuế:

Năm thứ nhất: $L_{tt} = T_I - C_{kh} - V_{tl} = = 223,02 - 245,45 - 20 = -42,44$ 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: $L_{lt3} = 252,1 - 196,36 - 16 = 39,4$ tr.đ.

Thuế lợi tức: $t_{lt} = L_{lt}.s = 39,4.\ 0,25 = 9,94$ tr.đ.

Tổng chi phí toàn bộ:

$$C_{\Sigma} = C_m + C_{vh} + C_{kh} + V_{tv} + V_{tt} + t_{lt} = 564,48 + =$$

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

Dòng tiền sau thuế:

$$T_2 = T_1 - V_{tv} - V_{tt} - t_{lt} = 223,02 - 40 - 20 = 163,02 \text{ tr.đ.}$$

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

Giá trị lợi nhận quy về hiện tại

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

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_{tv}	V_{tt}	C_{vh}	C_l	C_{kh}	T_t
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_{ll}	t_{ll}	C_{Σ}	T_2	β^t	$C_{\Sigma}.\beta^t$	$B.\beta^t$	$T_2\ \beta^t$	$T_2\ \beta^t$ (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.đ.

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.đ và khi t = 3 thì NPV = 31,76 tr.đ.

Thời gian thu hồi vốn

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

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.đ.	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_{tc} = 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 $p = a_{tc} + k_{kh} = 0,17$

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 $p = a_{tc} + k_{kh} = 0,18$

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 $v_0 = 66,65.10^6$ đ/km; thời gian tiêu chuẩn thu hồi vốn đầu tư T_{tc} = 15 năm, tỷ lệ khấu hao k_{kh} = 0,038, hệ số $k_{o\&M}$=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_A = 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, mm²	16	25	35	50	70	95	120	150	185
V,10^6đ/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, mm²	16	25	35	50	70	95	120	150	185
V,106đ/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

BảngBT.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 = $1,79.10^6$ đồng/km.mm²; thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 3540 h; giá thành tổn thất điện năng c_Δ= 650 đ/kWh; điện trở suất của dây dẫn ρ = 54 Ωmm²/km; thời gian tiêu chuẩn thu hồi vốn đầu tư là T_{tc} = 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 đ	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; ρ = 31,5 Ω.mm²/km; τ = 2969 h. và giá thành tổn thất c_Δ = 650 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,10^6đ/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; ρ = 31,5 Ω.mm²/km; T_M= 4240 h. và giá thành tổn thất c_Δ = 650 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 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 kW; Thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 3570 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 ΔA = 7,25%; Tổng số vốn của dự án $V_\Sigma = 980.10^6$ VN; 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 đ/kWh, giá bán điện c_b = 750 đ/kWh; Tỷ lệ chi phí vận và sửa chữa nhỏ hàng hàng năm $k_{O\&M}$ = 5,2%. Thời gian tính toán công trình t = 15 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 đồng /kWh. Giá bán điện g_b = 750 đ/kWh. Trả vốn đều hàng năm; hệ số chiết khấu i = 10%; Thời hạn tính toán t = 15 năm.

Bảng BT.2.15 Dữ kiện bài tập về nhà

Alphabe	Tham số phụ tải					Vốn đầu tư. 10^6 ĐVN				
	p_M kW	T_M, h	a %	ΔA %	Mô hình dự báo phụ tải ,	Tổng	tự có	Vốn vay		
						V_Σ	V_{tc}	V_{vay}	1%	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)

Đ	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
Ư	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*

$$r_0 = \frac{\rho}{F} = \frac{1000}{\gamma F}, \Omega/km, \qquad (3.1)$$

trong đó: ρ - điện trở suất; đối với đồng $\rho_{cu} = 18,8$; đối với nhôm $\rho_A = 31,5$ ($\Omega.mm^2/km$);

F - tiết diện dây dẫn (mm^2);

γ - điện dẫn suất ($m/\Omega.mm^2$). Với đồng $\gamma_{cu}=54$; với nhôm $\gamma_{Al}=31,7$ ($m/\Omega.mm^2$).

Điện trở tác dụng của đường dây

$$R = r_0.l$$

l – chiều dài đường dây, km.

Khi nhiệt độ của dây dẫn khác với nhiệt độ chuẩn của môi trường $\theta_n = 20\ ^0C$ thì điện trở tính toán sẽ là $R_t = [1+0,004(\theta - 20)],\ \Omega$,

θ - giá trị nhiệt độ thực tế của dây dẫn, ^0C.

* *Điện trở cảm kháng*

$$x_0 = 0,144\lg\frac{D_{tb}}{r_d} + 0,016, \Omega/km, \qquad (3.2)$$

trong đó: $\omega = 2\pi f$ - là tần số góc;

D_{tb} - khoảng cách trung bình giữa các dây dẫn, mm ;

r_d - bán kính dây dẫn, mm;

$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_{12}D_{23}D_{31}} \qquad (3.3)$$

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:

$$x_0 = 0{,}144\lg\frac{D_{TB}}{r_{dt}} + \frac{0{,}016}{n}; \qquad (3.4)$$

$$r_{dt} = \sqrt[n]{r_d\, a^{n-1}}\ ;\ a = \sqrt[n]{a_1 a_2 \ldots a_n}\ , \qquad (3.5)$$

r_{dt} - bán kính đẳng trị của dây dẫn;

$a_1, a_2, \ldots a_n$ - khoảng cách giữa các pha phân nhỏ.

Với U = 330 kV, thì n = 2; U = 500 kV, n = 4; U =750 kV, n = 5.

Điện trở của đường dây được xác định theo biểu thức

$$R = r_0 l \text{ và } \quad X = x_0\, l\ \Omega;$$

* *Điện dẫn tác dụng*

$$G = g_0.l;$$

với

$$g_0 = \frac{\Delta P_0}{U_n^2}10^{-3}\ \text{S/km}; \qquad (3.6)$$

trong đó: ΔP_{Vq} - suất tổn thất tác dụng do vầng quang, kW/km.

$$\Delta P_{Vq} = \frac{0{,}18}{\delta}\sqrt{\frac{r_d}{D}}(U_f - U_{gh})^2, \text{kW/km}; \qquad (3.7)$$

δ - hệ số phụ thuộc vào áp suất và nhiệt độ của môi trường, ở $\theta = 25^0$C thì $\delta = 1$

U_f - điện áp pha, kV;

U_{gh} - điện áp giới hạn

$$U_{gh} = m_0 m_1 \delta . r_d \lg\frac{D_{tb}}{r_d}, \text{kV}, \qquad (3.8)$$

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_t – hệ số phụ thuộc vào điều kiện thời tiết (thời tiết khô $m_t = 1$; thời tiết ẩm, $m_t = 0,8$).

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*

$$B = b_0.l$$

với

$$b_0 = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{tb}}{r_d}}.10^{-6}, \text{ S/km} \qquad (3.9)$$

Công suất phản kháng do đường dây sinh ra

$$Q_C = U^2.b_0.l; \qquad (3.10)$$

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

$$R_B = \frac{\Delta P_k U_{nBA}^2}{S_{nBA}^2}; \quad Z_B = \frac{U_k U_{nBA}^2}{100.S_{nBA}}; \quad X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2}, \Omega, \qquad (3.11)$$

trong đó: ΔP_k - hao tổn công suất ngắn mạch của máy biến áp, kW;

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

$$G_B = \frac{\Delta P_0}{U_{nBA}^2}, \text{ S (Sim)} \qquad (3.12)$$

* *Điện dẫn phản kháng* xác định theo biểu thức

$$B_B = \frac{I_0\%.S_{nBA}}{100.U_{nBA}^2}, \text{ S}; \qquad (3.13)$$

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

$$U_{k1} = (U_{kC\text{-}T} + U_{kC\text{-}H} - U_{kT\text{-}H})$$

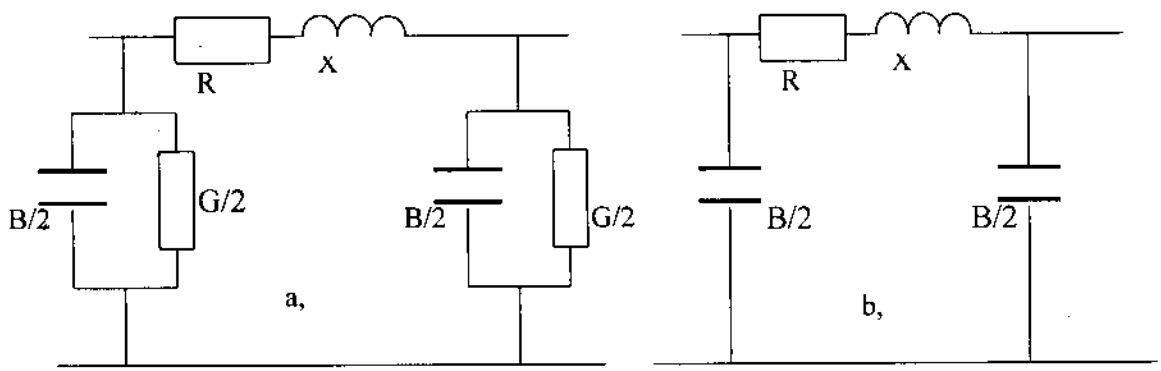
$$U_{k2} = (U_{kC\text{-}T} + U_{kT\text{-}H} - U_{kC\text{-}H}) \qquad (3.14)$$

$$U_{k3} = (U_{kC\text{-}H} + U_{kT\text{-}H} - U_{kC\text{-}T})$$

$U_{kC\text{-}T}$, $U_{kC\text{-}H}$, $U_{kT\text{-}H}$ - điện áp ngắn mạch giữa các cuộn dây: cao-trung; cao-hạ và trung-hạ.

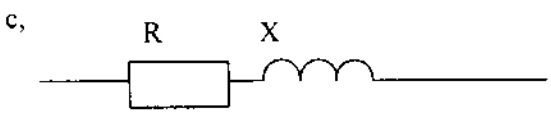
1.2. Sơ đồ thay thế của mạng điện

1.2.1. Sơ đồ thay thế của đường dây



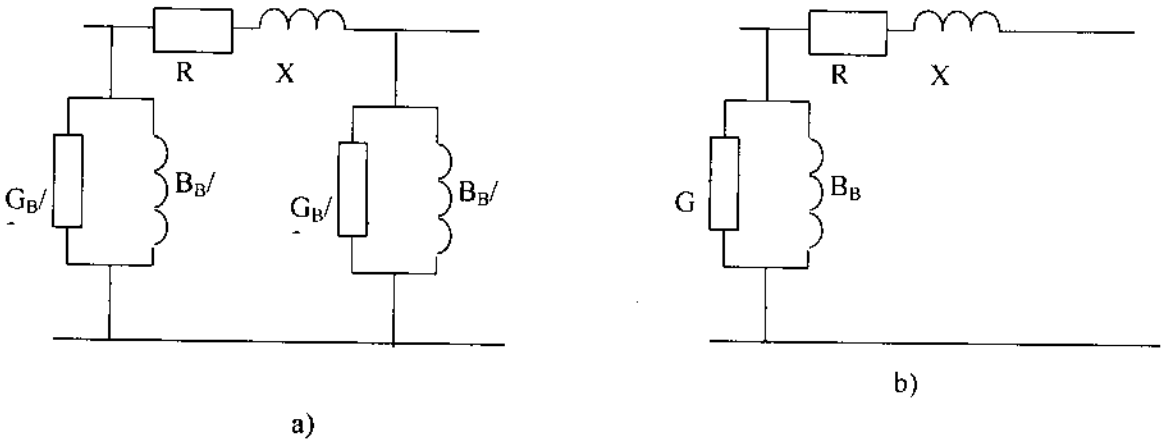
Hình 3.1. Sơ đồ thay thế của đường dây :

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

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U_n}; \quad \delta U = \frac{PX - QR}{U_n}, \qquad (3.15)$$

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.

$$V = \frac{U_2 - U_n}{U_n} 100\% \qquad (3.16)$$

* *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 vầng 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:

$$\Delta U_{rA} = \sum_{1} (I_{rA} R + [I_{rA} - 0{,}5\,(I_{rB} + I_{rC})]\, R_T);$$

$$\Delta U_{xA} = \sum_{1} (I_{xA} X + [I_{xA} - 0{,}5\,(I_{xB} + I_{xC})] X_T),$$

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:

$$\Delta U_{rB} = \sum_{1} (I_{rB} R + [I_{rB} - 0{,}5\,(I_{rC} + I_{rA})]\, R_T)$$

$$\Delta U_{xB} = \sum_{1}^{n} (I_{xB} X + [I_{xB} - 0,5 (I_{xC} + I_{xA})]X_T)$$

$$\Delta U_{rC} = \sum_{1}^{n} (I_{rC} R + [I_{rC} - 0,5 (I_{rB} + I_{rA})]R_T)$$

$$\Delta U_{xC} = \sum_{1}^{n} (I_{xC} X + [I_{xC} - 0,5 (I_{xB} + I_{xA})]X_T)$$

*. *Mạng điện không đối xứng có phụ tải nối tam giác*

Thành phần tác dụng và phản kháng của hao tổn điện áp

$$\Delta U_{rAB} = \sum_{1}^{n} ([2I_{rAB} + 0,5 (I_{rBC} + I_{rCA})] R)$$

$$\Delta U_{xAB} = \sum_{1}^{n} ([2I_{xAB} + 0,5 (I_{xBC} + I_{xCA})] X)$$

$$\Delta U_{AB} = \sqrt{\Delta U_{rAB}^2 + \Delta U_{xAB}^2}$$

Tương tự như trên, tính được hao tổn điện áp giữa các pha còn lại:

$$\Delta U_{BC} = \sum_{1}^{n} ([2I_{rBC} + 0,5 (I_{rAB} + I_{aC})]R) + j\sum_{1}^{n} ([2I_{xBC} + 0,5 (I_{xAB} + I_{aC})]X)$$

$$\Delta U_{CA} = \sum_{1}^{n} ([2I_{rCA} + 0,5 (I_{rAB} + I_{rBC})] R) + j\sum_{1}^{n} ([2I_{xCA} + 0,5 (I_{xAB} + I_{xBC})] X)$$

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

$$\Delta U_B = \frac{PR_B + QX_B}{U} \qquad (3.21)$$

1.3.2. Hao tổn công suất

a. Hao tổn công suất trên đường dây

* *Đường dây có một phụ tải*

$$\Delta P_{dd} = 3 \left(\frac{S}{\sqrt{3}U}\right)^2 R = \frac{S^2}{U^2} R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R . \qquad (3.22)$$

Hao tổn công suất phản kháng có giá trị là:

$$\Delta Q_{dd} = 3I^2X = 3(I_R^2 + I_X^2)X; \quad (3.23)$$

hay
$$\Delta Q_{dd} = \frac{S^2}{U^2}X = \frac{P^2 + Q^2}{U^2}X, \quad (3.24)$$

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:

$$\Delta P_{BA} = \Delta P_0 + \Delta P_k\left(\frac{S}{S_{nBA}}\right)^2; \qquad \Delta Q_{BA} = \frac{I_0 S_n}{100} + \frac{U_k S^2}{100 S_{nBA}}; \quad (3.26)$$

S – công suất truyền tải qua máy biến áp .

1.3.3. Tổn thất điện năng

a. Tổn thất điện năng trên đường dây

$$\Delta A_{dd} = \Delta P_{dd}.\tau; \quad (3.27)$$

τ - thời gian hao tổn cực đại, có thể được xác định bằng công thức thực nghiệm Kezevit:

$$\tau = (0{,}124 + T_M.10^{-4})^2 8760; \quad (3.28)$$

b. Tổn thất điện năng trong máy biến áp

$$\Delta A_{BA} = \Delta P_0 t + \Delta P_k\left(\frac{S}{S_{nBA}}\right)^2\tau; \quad (3.29)$$

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

$$\Delta A_{BA} = n.\Delta P_0 t + \frac{\Delta P_k}{n}\left(\frac{S}{S_{nBA}}\right)^2\tau \quad (3.30)$$

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÷0,4 Ω/km) và xác định thành phần phản kháng của hao tổn điện áp cho phép

$$\Delta U_X = \frac{\Sigma Q_i l_i x_0}{U} \qquad (3.31)$$

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

$$F = \frac{\sum_1^n P_i l_i}{\gamma \quad U \Delta U_R}, \qquad (3.32)$$

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, Ω.m/mm^2 (đối với dây nhôm γ = 31,5 và dây đồng γ=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):

$$F_n = \frac{\sqrt{P_n}}{\gamma U \ \Delta U_R} \sum_1^n l_i \sqrt{P_i}, \qquad (3.33)$$

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

$$F_i = F_n\sqrt{\frac{P_i}{P_n}}, \qquad (3.34)$$

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 chungtheo biểu thức

$$\Delta U_{R0} = \frac{\Delta U_R}{1+\sqrt{\frac{\sum_{i=2}^{n} P_i l_i^2}{P_0 l_0^2}}} \qquad (3.35)$$

Tiết diện dây dẫn trên đoạn đầu được xác định

$$F_0 = \frac{P_0 l_0}{\gamma.U\Delta U_0}; \qquad (3.36)$$

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_o nhất về phía trên và xác định thành phần tác dụng của hao tổn điện áp thực tế trên đoạn dây đầu

$$\Delta U_{R0tt} = \frac{P_0.r_0.l_0}{U}$$

Thành phần tác dụng của hao tổn điện áp cho phép trên các đoạn dây phân nhánh

$$\Delta U_{R1} = \Delta U_R - \Delta U_{R0tt}$$

Tiết diện dây dẫn của các đoạn dây phân nhánh được xác định tương tự theo biểu thức

$$F_1 = \frac{P_1 l_1}{\gamma.U\Delta U_{R1}} \text{ và } F_2 = \frac{P_2 l_2}{\gamma.U\Delta U_{R1}},$$

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

$$j = \frac{\gamma \quad \Delta U_R}{\sqrt{3}\sum_{1}^{n} l_i \cos\varphi_i}, \qquad (3.37)$$

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:

$$F_1 = \frac{I_1}{J}; F_2 = \frac{I_2}{J}; ...; F_n = \frac{I_n}{J}. \qquad (3.38)$$

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

$$I_{lv} \le I_{cP}$$

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

$$F = \frac{M_{qd}}{\Delta U_{cp}\%.C}, \qquad (3.39)$$

trong đó: M_{qd} - tổng momen quy đổi của tất cả các nhánh, được xác định như sau:

$$M_{qd} = \Sigma M_i + \Sigma\alpha M_j; \qquad (3.40)$$

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, %;

$C = \gamma U_{ir}^2 10^5$ - 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

$$\Delta U_{kd} = \frac{Z_B + Z_{dd}}{Z_B + Z_{dd} + Z_{dc}} 100, \qquad (3.41)$$

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 phần 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:

$$Z_{dc} = \frac{U_n}{\sqrt{3}I_n K_I} \quad (3.43)$$

K_I - 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

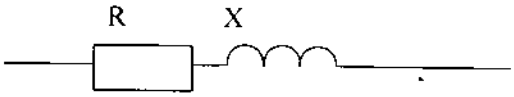
$$r_0 = \frac{\rho}{F} = \frac{1000}{\gamma F} = \frac{1000}{31{,}7.50} = 0{,}631,\ \Omega/km$$

Suất điện trở cảm kháng

$$x_0 = 0{,}144\lg\frac{D_{tb}}{r_d} + 0{,}016 = 0{,}144\lg\frac{252}{0{,}48} + 0{,}016 = 0{,}41\Omega/km;$$

Khoảng cách trung bình giữa các pha

$$D_{TB} = \sqrt[3]{D_{12}D_{23}D_{31}} = \sqrt[3]{2.2.4} = 2,52 \text{ m}$$



Hình 3.3. Sơ đồ thay thế mạng điện 10 kV.

Điện trở của đường dây

$$R = r_0.l = 0,631.25 = 15,775\ \Omega$$

$$X = x_0.l = 0,41.25 = 10,25\ \Omega.$$

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_t = 1 và δ =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

$$U_{gh} = 48,9.m_0 m_t \delta.r_d \lg\frac{D_{tb}}{r_d} = 48,9.0,85.1.1.0,57.\lg\frac{504}{0,57} = 69,8 \text{ kV}$$

m_0 = 0,85; m_t = 1 và δ =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: $U_{gh1} = 1,06.U_{gh} = 1,06.69,8 = 73,9$ kV

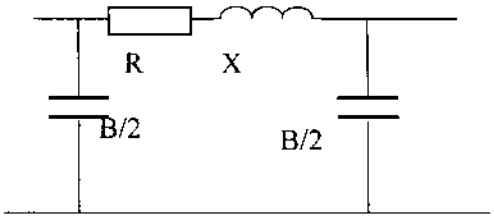
Điện áp pha $U_f = \frac{110}{\sqrt{3}} = 63,5$, kV < U_{gh1} = 67 kV

do đó không có tổn thất vầng quang, $g_0 = 0$

Xác định giá trị dung dẫn

$$b_0 = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{tb}}{r_d}}.10^{-6} = \frac{7,58}{\lg \frac{504}{0,57}}10^{-6} =$$

$$= 2,57.10^{-6} \text{ sim/km}$$



Hình 3.4. Sơ đồ thay thế mạng điện 110 kV.

$B = b_0.l = 2,57.10^{-6}.67 = 1,72.10^{-4}$, sim.

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_t = 0,8 và δ = 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

$$r_0 = \frac{\rho}{F} = \frac{1000}{\gamma F} = \frac{1000}{31,7.240} = 0,13, \Omega/\text{km}$$

Suất điện trở cảm kháng

$$x_0 = 0,144\lg \frac{D_{tb}}{r_d} + 0,016 = 0,144\lg \frac{1033}{1,08} + 0,016 = 0,445\ \Omega/\text{km};$$

Khoảng cách trung bình giữa các pha

$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_{12}\, D_{23}\, D_{31}} = \sqrt[3]{8,3.8,3.16,6} = 10,33 \text{ m} = 1033\text{cm}$$

Điện trở của đường dây

$$R = r_0.l = 0,130.183 = 21\ \Omega$$

$$X = x_0.l = 0,445.183 = 81,48\ \Omega.$$

Điện áp giới hạn

$$U_{gh} = 48,9.m_0 m_t \delta.r_d \lg \frac{D_{tb}}{r_d} = 48,9.0,86.0,8.0,9.1,08.\lg \frac{1033}{1,08} = 97,43 \text{ kV}.$$

m_0 = 0,86; m_t = 0,8 và δ = 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

$$U_{ghl} = 0,96.U_{gh} = 0,96.97,43 = 93,57 \text{ kV}$$

Ở pha biên: $U_{ghl} = 1,06.U_{gh} = 1,06.\ 97,43 = 103,32$ kV

Điện áp pha $U_f = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127$, kV > U_{gh1} = 97,43 kV

Do đó hao tổn vầng quang là

$$\Delta P_0 = \frac{0,18}{\delta}\sqrt{\frac{r_d}{D}}(U_f - U_{gh})^2 = \frac{0,18}{0,9}\sqrt{\frac{1,08}{1033}}(127 - 97,43)^2 = 5,64 kW/km;$$

$$g_0 = \frac{\Delta P_0}{U_n^2}.10^{-3} = \frac{5,64}{220^2}.10^{-3} = 116,5.10^{-9} = S/km;$$

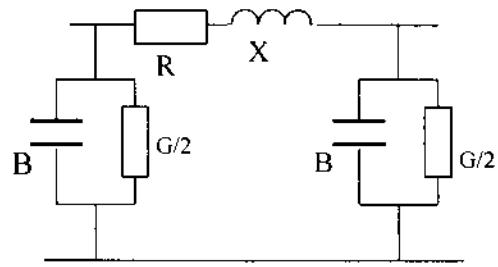
Xác định giá trị dung dẫn

$$b_0 = \frac{7,58}{\lg\frac{D_{tb}}{r_d}}.10^{-6} = \frac{7,58}{\lg\frac{1033}{1,08}}10^{-6} =$$

$$= 2,542.10^{-6} S/km$$

$G = g_0.l = 116,5.10^{-9}.183 = 21,315.10^{-6}$, sim

$B = b_0.l = 2,542.10^{-6}.183 = 465.10^{-6}$, 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 dẫy 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

$$D_{tb} = \sqrt[3]{D_{12} D_{23} D_{31}} = 1,26.D = 1,26.8 = 10,33 m = 1033 cm$$

Suất điện trở cảm kháng

$$x_0 = 0,144\lg\frac{D_{tb}}{r_d} + 0,016 = 0,144\lg\frac{1033}{1,65} + 0,016 = 0,417\ \Omega/km;$$

Xác định giá trị dung dẫn

$$b_0 = \frac{7,58}{\lg\frac{D_{tb}}{r_d}}.10^{-6} = \frac{7,58}{\lg\frac{1033}{1,65}}10^{-6} = 2,72.10^{-6} S/km$$

Bán kính đẳng trị khi thay 2 dây cho mỗi pha

$$r_{dt} = \sqrt[n]{r_d a_{tb}^{n-1}} = \sqrt{1,65.35^{2-1}} = 7,6 cm$$

Vậy điện trở cảm kháng và dung dẫn của đường dây phân pha sẽ là:

$$x'_0 = 0,144\lg\frac{D_{tb}}{r_{dt}} + 0,016 = 0,144\lg\frac{1033}{7,6} + 0,016 = 0,322\ \Omega/km;$$

$$b'_0 = \frac{7,58}{\lg\frac{D_{tb}}{r_{dt}}}.10^{-6} = \frac{7,58}{\lg\frac{1033}{7,6}}10^{-6} = 3,57.10^{-6}$$

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

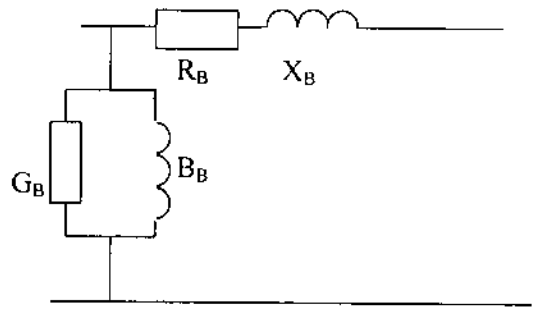
Giải:

Theo bảng 15.pl [1] ta tìm được các giá trị:

$S_{nBA} = 5600$ kVA; $U_n = 38,5$ kV;

$\Delta P_k = 57$ kW; $\Delta P_0 = 18,5$ kW ;

$I_0 = 4,5\%$; $U_k = 7,5\%$



Hình 3.6. Sơ đồ thay thế máy biến áp 2 cuộn dây.

Điện trở của máy biến áp

$$R_B = \frac{\Delta P_k U_{nBA}^2}{S_{nBA}^2} = \frac{57.38,5^2.10^3}{5600^2} = 2,694\ \Omega$$

$$Z_B = \frac{U_k U_{nBA}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{7,5.38,5^2.10^3}{100.5600} = 19,85\ \Omega$$

$$X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = \sqrt{19,85^2 - 2,694^2} = 19,67\ \Omega$$

Điện dẫn tác dụng của máy biến áp

$$G_B = \frac{\Delta P_0}{U_{nBA}^2} = \frac{18,5}{38,5^2} = 913,58.10^{-6}\ S$$

Điện dẫn phản kháng xác định theo biểu thức

$$B_B = \frac{I_0\%.S_{nBA}}{100.U_{nBA}^2} = \frac{4,5.5600}{100.38,5^2} = 170.10^{-6}\ S$$

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; ΔP_0 = 32 kW; ΔP_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

$$R_B = \frac{\Delta P_k U_{nBA}^2}{S_{nBA}^2} = \frac{69,5.121^2.10^3}{5600^2} = 32,45\ \Omega$$

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

$$R_1 = R_2 = R_3 = 0,5.R = 0,5.32,45 = 16,225\ \Omega$$

Xác định điện áp ngắn mạch của các cuộn dây

$U_{kC} = 0,5.(U_{kC-T}+U_{kC-H}-U_{kT-H}) = 0,5.(17+10,5-6) = 10,75\%$

$U_{kT} = 0,5.(U_{kC-T}+U_{kT-H}-U_{kC-H}) = 0,5.(17+6-10,5) = 6,25\%$

$U_{kH} = 0,5.(U_{kC-H}+U_{kT-H}-U_{kC-T}) = 0,5.(10,5+6-17) = -0,25\%$

Điện trở cảm kháng của các cuộn dây cao, trung và hạ thế

$$Z_C = \frac{U_{k1}U_{nBA}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{10,75.121^2.10^3}{100.5600} = 281\ \Omega;$$

$$X_C = \sqrt{Z_C^2 - R_C^2} = \sqrt{281^2 - 16,225^2} = 280,59\ \Omega$$

$$Z_T = \frac{U_{k2}U_{nBA}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{6,25.121^2.10^3}{100.5600} = 163,4\ \Omega;$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{163,4^2 - 16,225^2} = 162,6\ \Omega$$

$$Z_H = \frac{U_{k3}U_{nBA}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{-0,25.121^2.10^3}{100.5600} = -6,54\ \Omega; \qquad X_H \cong Z_H = -6,54\ \Omega$$

Điện dẫn tác dụng của máy biến áp được xác định theo biểu thức

$$G_B = \frac{\Delta P_0}{U_{nBA}^2} = \frac{32}{121^2} = 2,05.10^{-6}\ S;$$

Điện dẫn phản kháng xác định theo biểu thức

$$B_B = \frac{I_0\%.S_{nBA}}{100.U_{nBA}^2} = \frac{4,8.6300}{100.121^2} = 19,123.10^{-6}\ S$$

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 kVA; U_n = 230 kV; ΔP_0 = 41 kW; ΔP_k = 135kW; 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

$$R_B = \frac{\Delta P_k U_{nBA}^2}{S_{nBA}^2} = \frac{135.230^2.10^3}{40000^2} = 7,94\ \Omega$$

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

$$R_1 = R_2 = 0,5.R = 0,5.7,94 = 3,97\ \Omega$$

$$R_3 = 0,75.R = 0,75.7,94 = 5,955\ \Omega$$

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

$$X_C = \frac{U_{k1}U_{nBA}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{12,5.230^2.10^3}{100.40000} = 165,31\ \Omega$$

$$X_T = \frac{U_{k2}U_{nBA}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{9,5.230^2.10^3}{100.40000} = 125,637\ \Omega$$

$$X_H = \frac{U_{k3}U_{nBA}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{0.230^2.10^3}{100.40000} = 0\ ;$$

Điện dẫn tác dụng của máy biến áp được xác định theo biểu thức

$$G_B = \frac{\Delta P_0}{U_{nBA}^2} = \frac{54}{230^2} = 1{,}02.10^{-6}\ S$$

Điện dẫn phản kháng xác định theo biểu thức

$$B_B = \frac{I_0\%.S_{nBA}}{100.U_{nBA}^2} = \frac{1{,}1.40000}{100.230^2} = 8{,}32.10^{-6}\ S$$

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 Ω /km;

Xác định hao tổn điện áp theo biểu thức

$$\Delta U = \frac{P.r_0 + Q.x_0}{U} l = \frac{360.0{,}46 + 235.0{,}395}{22}.47 = 552{,}09V$$

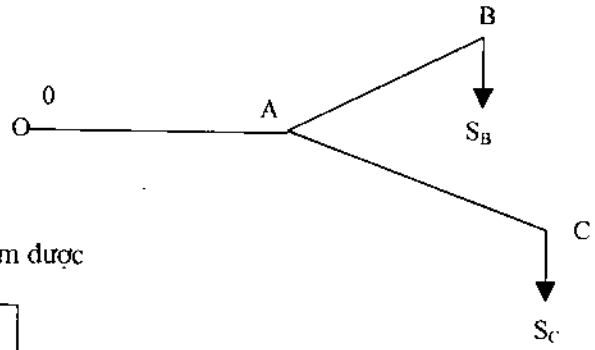
Tính theo phần trăn giá trị định mức

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} 100 = \frac{552{,}09.10^{-3}}{22} 100 = 2{,}51\%$$

Bài 3.9. Hãy xác định hao tổn điện áp cực đại trên đường dây phân nhánh 22 kVvới 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, Ω /km	0,46	0,65	0,85
x_0, Ω /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 0A

$P_{OA} = P_B + P_C = 385 + 268 = 653$ kW; tính tương tự ta được $Q_{OA} = 536$ kVAr;

Dòng công suất trên đoạn AB: $P_{AB} = P_B = 385$ kW, tính toán tương tự, kết quả ghi trong bảng. Hao tổn điện áp trên đoạn OA được xác định theo các biểu thức

$$\Delta U_{OA} = \frac{Pr_0 + Qx_0}{U_1} l = \frac{6530,46 + 5360,395}{22}.12 = 279,33,7V;$$

Tính tương tự cho các đoạn khác, kết quả biểu thị trong bảng sau

	P, kW	Q, kVAr	U, kV	L, km	r_0, Ω/km	x_0, Ω/km	ΔU, V	ΔU%
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 $\Delta U_\Sigma = \max[\Delta U_{OA} + \Delta U_{AB};\ [\Delta U_{OA} + \Delta U_{AC}] = 279,327 + 300,434 = 579,761$V

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} 100 = \frac{579,761.10^{-3}}{22} 100 = 2,64\%$$

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 $I_A = 23$A, $I_B = 20$A và $I_C = 17$A 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

$$R = r_{0F}.l = 0,92.0,32 = 0,29\ \Omega$$

$$R_T = r_{0T}.l = 1,28.0,32 = 0,41\ \Omega$$

Hao tổn điện áp trên các pha

$$\Delta U_A = I_A R + [I_A - 0,5\,(I_B + I_C)]\,R_T = 23.0,29 + [23 - 0,5(20+17).0,41 = 8,61\ V$$

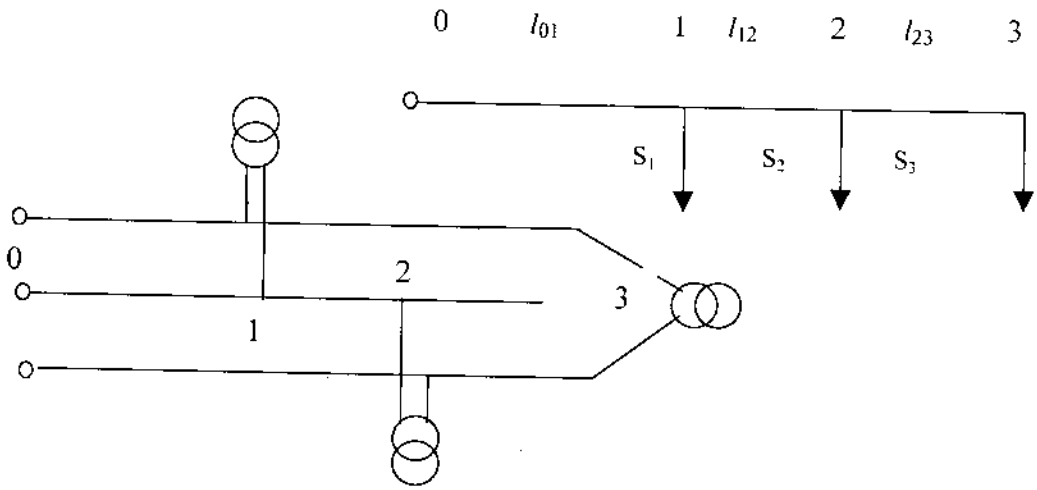
$$\Delta U_B = I_B R + [I_B - 0,5\,(I_A + I_C)]\,R_T = 20.0,29 + [20 - 0,5(23+17).0,41 = 5,89\ V$$

$$\Delta U_C = I_C R + [I_C - 0,5\,(I_B + I_A)]\,R_T = 17.0,29 + [17 - 0,5(20+23).0,41 = 3,16\ V$$

Như vậy hao tổn điện áp lớn nhất sẽ là $\Delta U_{Max} = \Delta U_A = 8,61$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U_{Max}}{U}100 = \frac{8,61}{220}100 = 3,91\%$$

Bài 3.11. Hãy xác định hao tổn điện áp lớn nhất trong mạng điện 10 kV với phụ tải không đối xứng đấu theo hình tam giác. Công suất của các điểm tải S_1 = 68 kVA, S_2 = 120 và S_3 = 210 kVA hệ số cosφ = 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 Ω/km (bảng 17.pl[1]. Điện trở của đoạn dây 01 được xác định theo biểu thức

$$R_{01} = r_0.l_{01} = 0,85.4,3 = 3,36\ \Omega\ ;\ X_{01} = x_0.l_{01} = 0,4.4,3 = 1,72\ \Omega$$

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

Xác định phần tác dụng và phản kháng của dòng điện các điểm tải

$$I_{r1} = \frac{S_1.\cos\varphi}{U} = \frac{68.0,8}{10} = 5,4\ A \text{ và } I_{x1} = \frac{S_1.\sin\varphi}{U} = \frac{68.0,6}{10} = 4,08\ A;$$

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

$$\Delta U_{rAB} = \sum_{1} ([2i_{rAB} + 0,5\,(i_{rBC} + i_{rCA})]\,R_i) =$$

$$= (2.5,44+0,5(9,6+16,8)).3,66+0,5.(9,6+16,8).2,13 = 116,06 \text{ V}$$

$$\Delta U_{xAB} = \sum_{1} ([2i_{xAB} + 0,5\,(i_{xBC} + i_{xCA})]\,X_i)$$

$$= (2.4,08+ 0,5(7,2+12,6)).1,72+ 0,5(7,2+12,6).\ 1 = 40,9 \text{ V}$$

$$\Delta U_{AB} = \sqrt{\Delta U_{rAB}^2 + \Delta U_{xAB}^2} = \sqrt{116,06^2 + 40,9^2} = 123,8 \text{ V}$$

$$\Delta U_{rBC} = \sum_{1} ([\,2i_{rBC} + 0,5\,(\,i_{rAB} + i_{aC})]R) + j\sum_{1} ([2i_{xBC} + 0,5\,(\,i_{xAB} + i_{aC})]X)$$

$$= (2.9,6+0,5(5,44+16,8)).3,66+ (2.9,6+0,5.16,8).2,13 = 231,89 \text{ V}$$

$$\Delta U_{xBC} = \sum_{1} ([2i_{xBC} + 0,5\,(\,i_{xAB} + i_{aC})]X) =$$

$$= (2.7,2+0,5(12,6+4,08)).1,72 + (2.7,2 + 0,5.12,6).1 + 2.7,2.1,08 =$$

$$= 81,84 \text{ V}$$

$$\Delta U_{BC} = \sqrt{\Delta U_{rBC}^2 + \Delta U_{xBC}^2} = \sqrt{231,89^2 + 81,84^2} = 245,91 \text{ V}$$

$$\Delta U_{rCA} = \sum_{1} ([2i_{rCA} + 0,5\,(\,i_{rAB} + i_{rBC})]\,R)$$

$$= (2.16,8+0,5(9,6+5,44)).3,66 + (2.16,8+0,5.9,6).2,13 + 2.16,8.2,3 =$$

$$= 246,58$$

$$\Delta U_{xCA} = \sum_{1} ([2i_{xCA}+0,5(i_{xAB}+i_{xBC})]X)$$

$$= (2.12,6+0,5(7,2+4,08)).1,72 + (2.12,6 +0,5.7,2).1+2.12,6.1,08 = 87,03$$

$$\Delta U_{CA} = \sqrt{\Delta U_{rCA}^2 + \Delta U_{xCA}^2} = \sqrt{246,58^2 + 87,03^2} = 261,49 \text{ V}$$

Hao tổn điện áp lớn nhất

$$\Delta U_{CA} = \Delta U_{CA}\% = \frac{\Delta U_{CA}.100}{U} = \frac{261,49.100}{10.000} = 2,61\%$$

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 kVA.

Giải:

Theo bảng 12.pl [1], ứng với máy biến áp TM-630/22 ta tìm được ΔP_K = 8,2kW; U_K=4,0% .

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

$$\Delta U = \frac{P.R_B + Q.X_B}{U} = \frac{460.10 + 375.29}{22} = 704,38V$$

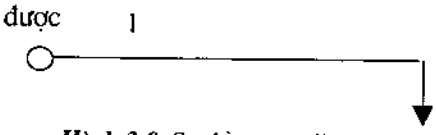
Tính theo phần trăn giá trị định mức

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n}100 = \frac{552,09.10^{-3}}{22}100 = 3,96\%$$

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 φ = 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 và x_0=0,395 Ω/km



Hình 3.9. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.13.

Hao tổn công suất tác dụng được xác định

$$\Delta P = \frac{S^2}{U^2} r_0 l = \frac{550^2}{10^2} 0,46.9,5.10^{-3} = 13,22\ kW$$

$$\Delta Q = \frac{S^2}{U^2} x_0 l = \frac{550^2}{10^2} 0,395.9,5.10^{-3} = 11,35\ kVAr$$

Vậy $\Delta S = 13,22 + j\,11,35$ kVA

Thời gian hao tổn cực đại

$$\tau = (0,124 + T_{max}.10^{-4})^2 8760 = (0,124 + 5200.10^{-4})^2 8760 = 3633\ h$$

$$\Delta A = \Delta P.\tau = 13,22.3633 = 48026,7\ kWh.$$

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 cosφ = 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 Ω/km và b_0 = $2,73.10^{-6}$ sim/km

$$P = S.\cos\varphi = 15000.0,85 = 12750 \text{ kW}; \quad Q = S.\sin\varphi = 7901 \text{ kVAr}$$

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

$$Q_C = U^2.b_0.l = 110^2.2,73.10^{-6}.85 = 2,82 \text{ MVAr} = 2820 \text{ kVAr}$$

Giá trị công suất này ở cuối đường dây bằng nửa giá trị của Q_C tức là Q_{C2} = 2820/2 = 1410 kVAr.

Công suất phản kháng truyền tải trên đường dây có xét đến công suất do điện dung sinh ra sẽ là

$$Q_2 = Q - Q_{C2} = 7902 - 1410 = 6492 \text{ kVAr}$$

Hao tổn công suất tác dụng được xác định

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} r_0 l = \frac{12750^2 + 6492^2}{110^2} 0,27.85.10^{-3} = 388,29 \text{ kW}$$

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} r_0 l = \frac{12750^2 + 6492^2}{110^2} 0,0,415.85.10^{-3} = 655,94 \text{ kVAr}$$

Vậy $\Delta S = 388,29 + j\,655,94$ kVA

Thời gian hao tổn cực đại

$\tau = (0,124 + T_{max}.10^{-4})^2 8760 = (0,124 + 5200.10^{-4})^2 8760 = 3633$ h

$\Delta A = \Delta P.\tau = 388,29.3633 = 23590$ MWh.

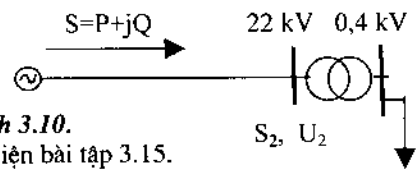
Bài 3.15. Hãy xác định hao tổn điện áp trong mạng điện gồm đường dây làm bằng dây dẫn AC70 dài 14 km và máy biến áp TM-630/22 công suất truyền tải trên đường dây là S = 460 +j 375 kVA.

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 Ω /km và theo bảng 12.pl [1], ứng với máy biến áp TM-630/22 – ΔP_K = 8,2 kW; U_K = 4,0%

Điện trở của đường dây

$R_d = r_0.l = 0,46.14 = 6,44\ \Omega$

$X_d = x_0.l = 0,395.14 = 5,53\ \Omega$



Hình 3.10.
Sơ đồ mạng điện bài tập 3.15.

Xác định hao tổn điện áp trên đường dây

$$\Delta U = \frac{P.R_d + Q.X_d}{U} = \frac{460.6,44 + 375.5,53}{22} = 228,92\ V = 0,23\ kV$$

Hao tổn công suất trên đường dây

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R_d = \frac{460^2 + 375^2}{22^2}.6,44.10^{-3} = 4,69\ kW$$

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X_d = \frac{460^2 + 375^2}{22^2}.5,53.10^{-3} = 4,02\ kVAr$$

Giá trị công suất tại cuối đường dây

$$P_2 = P - \Delta P = 460 - 4,69 = 455,31\ kW$$

$$Q_2 = Q - \Delta Q = 375 - 4,02 = 370,98\ kVAr$$

Giá trị điện áp cuối đường dây :

$$U_2 = U - \Delta U_d = 22 - 0,23 = 21,77\ kV$$

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

$$\Delta U = \frac{P_2.R_B + Q_2.X_B}{U_2} = \frac{455,31.10 + 370,98.29}{21,77} = 689,69V$$

Tổng hao tổn điện áp

$$\Delta U_\Sigma = \Delta U_d + \Delta U_B = 228,92 + 689,69 = 918,61\ V$$

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 kVA , hệ số cosφ = 0,8;

dự kiến dùng dây nhôm ($\gamma = 32$ m/Ω.mm^2).

Giải: Theo bài ra ta có:

$P = S.\cos\varphi = 33.0,8 = 27,2$ kW và $Q = S.\sin\varphi = 20,4$ kVAr

Hao tổn điện áp cho phép $\Delta U_{cp} = \frac{U.\Delta U_{cp}\%}{100} = \frac{380.5,5}{100} = 20,9$ V

Trước hết cho giá trị $x_0 = 0,38$ Ω/km và xác định thành phần phản kháng của hao tổn điện áp

$$\Delta U_X = \frac{Q.x_0 l}{U} = \frac{20,4.0,38.0,46}{0,38} = 9,38 \text{ V}$$

Thành phần tác dụng: $\Delta U_R = \Delta U_{cp} - \Delta U_X = 20,9 - 9,38 = 11,52$ V

Tiết diện dây dẫn

$$F = \frac{P.L}{\gamma \quad U_n \Delta U_R} = \frac{27,2.460.}{32.0,38.11,52.} = 89,55 \text{ mm}^2$$

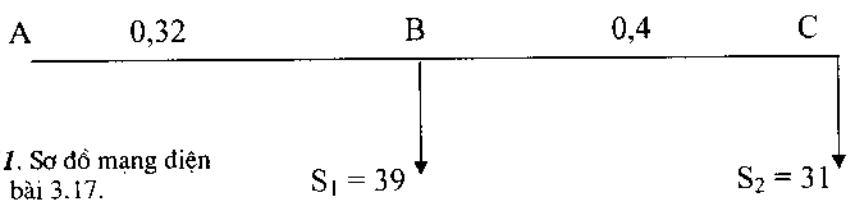
Chọn dây A95 có $r_0 = 0,34$ và $x_0 = 0,303$ Ω/km (bảng 19.pl.)

Hao tổn thực tế

$$\Delta U = \frac{27,2.0,34 + 20,4.0,303}{0,38} 0,46 = 18,68 \text{ V} < \Delta U_{cp} = 20,9 \text{ V}$$

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 $\Delta U_{cp} = 11$ %.



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

$P_1 = S_1\cos\varphi = 39.0,83 = 32,37$ kW

và $Q_1 = S_1\sin\varphi = 21,75$ kVAr

Tương tự $P_2 = 26,15$ kW và $Q_2 = 17,57$ kVAr;

Dòng công suất trên các đoạn dây:

$S_{AB} = S_1 + S_2 = (32,37+26,15)+j(21,57+17,57) = 58,52 + j\,39,32$ kVA

$S_{BC} = S_2 = 26,15 + j\,17,57$ kVA

Giá trị điện áp cho phép

$$\Delta U_{cp} = \frac{U.\Delta U_{cp}\%}{100} = \frac{380.11}{100} = 41,8 \text{ V}$$

Cho trước giá trị x_0=0,38 Ω/km và xác định thành phần phản kháng của hao tổn điện áp

$$\Delta U_X = \sum_{i=1}^{2}\frac{Q_i.l_i x_0}{U} = \frac{39,32.0,32 + 17,57.0,4}{0,38}.0.38 = 19,61 \text{ V}$$

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

$$F = \frac{\sum_{1}^{n} P_i l_i.10^3}{\gamma \quad U_n \Delta U_R} = \frac{(58,52.0,32 + 26,15.0,4)10^3}{32.0,38.22,19} = 108,17 \text{ mm}^2$$

Chọn dây A-120 có $r_0 = 0,27$ và $x_0 = 0,30$ Ω/km (bảng 17.pl.) [1]

Kiểm tra hao tổn thực tế

$$\Delta U = \frac{r_0\sum_{1}^{n} P_i l_i + x_0\sum_{1}^{n} Q_i l_i}{U_n} =$$

$$= \frac{0,27.(58,52.0,32 + 26,15.0,4) + 0,30(39,32.0,32 + 17,57.0,40)}{0,38} = 30,4 < \Delta U_{cp} =$$

$$= 41,8 \text{ V}$$

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

$$F_{BC}=\frac{\sqrt{P_{BC}}}{\gamma U\,\Delta U_R}\sum_{1}^{2} l_i\sqrt{P_i}=\frac{\sqrt{26,15}.10^3}{32.0,38.22,19}(0,32.\sqrt{58,52}+0,40\sqrt{26,15})=85,16.mm^2$$

Ta chọn dây A95 có $r_0 = 0,33$ và $x_0 = 0,30$ Ω/km, (bảng 17.pl.) [1]

Tiết diện dây dẫn đoạn AB:

$$F_{AB}=F_{BC}\sqrt{\frac{P_{AB}}{P_{BC}}}=85,16\sqrt{\frac{58,52}{26,15}}=127,39\ mm^2$$

Chọn dây A120 có $r_0 = 0,0,27$ và $x_0 = 0,30$ Ω/km

Kiểm tra hao tổn thực tế

$$\Delta U=\frac{(P_I r_{01}+Q_I x_{01})l_1+(P_{II} r_{02}+Q_{II} x_{02})l_2}{U_n}=$$

$$=\frac{(58,52.0,27+39,32.0,30).0,32+(26,15.0,33+17,57.0,30).0,40}{0,38}=37,87<U_{cf}=$$

$= 41,8$ V.

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:

$$\Delta U_{R.AB}=\frac{\Delta U_R}{1+\sqrt{\frac{\sum_{i=2}^{n} M_i L_i}{M_0 L_0}}}=\frac{22,19}{1+\sqrt{\frac{26,15.0,4}{58,52.0,32}}}=13,69V$$

Tiết diện dẫn trên đoạn AB:

$$F_{AB}=\frac{P_{AB}\,l_{AB}}{\gamma\quad U_n\Delta U_{R.AB}}=\frac{58,527.0,32.10^3}{32.0,38.13,69}=110,9\ mm^2,$$

ta chọn dây A-120 và xác định thành phần tác dụng của hao tổn điện áp thực tế trên đoạn AB

$$\Delta U_{ABr}=\frac{P_1 r_0 l_{AB}}{U_n}=\frac{58,52.0,27.0,32}{0,38}==13,31\ V$$

Thành phần tác dụng của hao tổn điện áp cho phép trên đoạn dây còn lại sẽ là: $\Delta U_{BCr}=\Delta U_R-\Delta U_{ABr}=22,19-13,31=8,88$ V.

Tiết diện dây dẫn trên đoạn BC được xác định

$$F_{BC} = \frac{P_{BC}.l_{BC}}{\gamma \quad U_n \Delta U_{R\,BC}} = \frac{26,57.0,4.10^3}{32.0,38.8,88} = 96,83 \text{ mm}^2$$, 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

$$I_{AB} = \frac{S_1}{\sqrt{3}U} = \frac{P_{AB}}{\sqrt{3}.U.\cos\varphi} = \frac{58,52}{\sqrt{3}.0,38.0,83} = 107,12 \text{ A}$$

tương tự $$I_{BC} = \frac{26,15}{\sqrt{3}.0,38.0,83} = 47,87 \text{ A}$$

Mật độ dòng điện được xác định theo biểu thức

$$J = \frac{\gamma \quad \Delta U_R}{\sqrt{3}\sum_{1}^{n} l_i \cos\varphi_i} = \frac{32.22,19}{\sqrt{3}(0,32.0,83 + 0,4.0,83).10^3} = 0,69 \text{ A/mm}^2$$

Tiết diện dây dẫn

$$F_{AB} = \frac{I_{AB}}{j} = \frac{107,12}{0,69} = 156,15 \text{ mm}^2$$, chọn dây A-150

$$F_{BC} = \frac{I_{BC}}{j} = \frac{4787}{0,69} = 69,78 \text{ mm}^2$$, chọn dây A-70

Hao tổn thực tế được kiểm tra tương tự như các phương pháp trên

$$\Delta U = \frac{(58,52.0,21 + 39,32.0,30).0,32 + (26,15.0,46 + 17,57.0,31).0,40}{0,38} = 27,56 \text{ V} < \Delta U_{cf}$$

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_t 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 cosφ = 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

$$I = \frac{S}{m.\sqrt{3}.U} = \frac{90.10^3}{2.\sqrt{3}.110} = 236,19A$$

Theo bảng 7.3.1. ứng với T_M = 4590h dùng cho dây AC ta tìm được mật độ dòng điện kinh tế j_{kt}= 1,1 A/mm^2 vậy tiết diện dây dẫn sẽ là

$$F = \frac{I}{j_{kt}} = \frac{236,19}{1,1} = 214,72mm^2$$

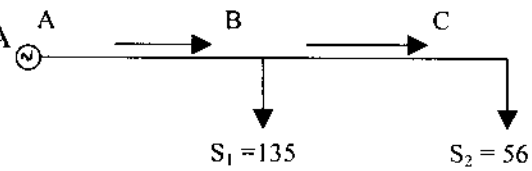
Theo bảng 17.pl [1] ta chọn dây dẫn ACO-300 có tiết diện chuẩn là 300 mm^2.

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 cosφ = 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

$$I_{AB} = \frac{(S_1 + S_2)}{m.\sqrt{3}.U} = \frac{(135+56).10^3}{2.\sqrt{3}.220} = 250,62A$$

$$I_{BC} = \frac{S_2}{m.\sqrt{3}.U} = \frac{56.10^3}{2.\sqrt{3}.220} = 73,48A$$



Hình 3.12. Sơ đồ mạng điện bài 3.19.

Chọn j_{kt} = 1,1 A/mm^2 (bảng 7.3.1) [1]

Xác định tiết diện dây dẫn trên các đoạn:

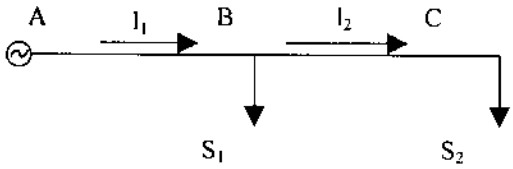
$$F_{AB} = \frac{I_{AB}}{j_{kt}} = \frac{250,62}{1,1} = 227,84mm^2;$$

ta chọn dây ACO-300;

$$F_{AB} = \frac{I_{BC}}{j_{kt}} = \frac{73,48}{1,1} = 66,80mm^2;$$ 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 cosφ = 0,86 hao tổn điện áp cho phép ΔU_{cf} = 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:



Hình 3.13. Sơ đồ mạng điện bài 3.20.

Trước hết ta xác định các thành phần của công suất

$P_1 = S_1\cos\varphi = 780.0,86 = 670,8$ kW

và $Q_1 = S_1\sin\varphi = 398$ kVAr;

Tương tự $P_2 = 481,6$ kW và $Q_2 = 285,77$ kVAr;

Dòng công suất trên các đoạn dây:

$$S_{AB} = S_1 + S_2 = (670,8 + 481,6) + j(398 + 285,77) = 1152,4 + j\,638,77 \text{ kVA}$$

$$S_{BC} = S_2 = 481,6 + j\,285,77 \text{ kVA};$$

Giá trị điện áp cho phép

$$\Delta U_{cp} = \frac{U.\Delta U_{cp}\%}{100} = \frac{22.10^3.4,2}{100} = 924 \text{ V}$$

Cho trước giá trị x_0=0,38 Ω/km và xác định thành phần phản kháng của hao tổn điện áp

$$\Delta U_X = \sum_{i=1}^{2} \frac{Q_i.x_0 l_i}{U} = \frac{683,77.14 + 285,77.7,6}{22}.0.38 = 202,86 \text{ V}$$

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

$$J = \frac{\gamma \quad \Delta U_R}{\sqrt{3}\sum_1^n l_i \cos\varphi_i} = \frac{32.721,14}{\sqrt{3}(14.0,86 + 7,6.0,86).10^3} = 0,72\ A/mm^2$$

Xác định dòng điện chạy trên các đoạn dây

$$I_{AB} = \frac{(S_1 + S_2)}{\sqrt{3}.U} = \frac{(780 + 560).}{\sqrt{3}.22} = 35,17A$$

$$I_{BC} = \frac{S_2}{\sqrt{3}.U} = \frac{560}{\sqrt{3}.22} = 14,7A$$

Tiết diện dây dẫn

$F_{AB} = \frac{I_{AB}}{j} = \frac{35,171}{0,72} = 49\ mm^2$, chọn dây AC50 có $r_{01} = 0,65$ và $x_{01} = 0,405$ Ω/km

$F_{BC} = \frac{I_{BC}}{j} = \frac{14,7}{0,72} = 20,9\ mm^2$, do mạng điện cao áp chỉ sử dụng dây dẫn có tiết diện từ 35 mm^2 trở lên nên ta chọn dây AC-35 có $r_{02} = 0,85$ và $x_{02} = 0,414$ Ω/km

Hao tổn thực tế được kiểm tra theo biểu thức

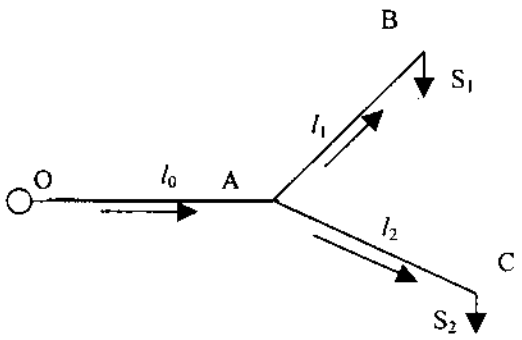
$$\Delta U = \frac{(P_{AB} r_{01} + Q_{AB} x_{01}) l_1 + (P_{BC} r_{02} + Q_{BC} x_{02}) l_2}{U_n} =$$

$$= \frac{(11524.0,65+63877.0,405).14+(4816.0,85+28577.0,414).7,6}{22} = 835,19\ V < \Delta U_{cf} =$$

$= 924V$

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 $\Delta U_{cf} = 4\%$, 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

$$P_1 = S_1\cos\varphi = 1750.0,85 = 1487,5 \text{ kW}$$

và $$Q_1 = S_1\sin\varphi = 921,87 \text{ kVAr};$$

Tương tự $P_2 = 1139$ kW và $Q_2 = 706$ kVAr;

Dòng công suất trên các đoạn dây:

$$S_{OA} = S_0 = S_1 + S_2 = (1487,5 + 1139) + j\,(921,87 + 706)$$

$$= 2626,5 + j\,1627,87 \text{ kVA}$$

$$S_{AB} = S_1 = 1487,5 + j\,921,87 \text{ kVA};$$

$$S_{AC} = S_2 = 1139 + j\,706 \text{ kVA};$$

Giá trị điện áp cho phép

$$\Delta U_{cp} = \frac{U.\Delta U_{cp}\%}{100} = \frac{35.10^3.4}{100} = 1400 \text{ V}$$

Cho trước giá trị $x_0 = 0,38\ \Omega/\text{km}$ 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

$$\Delta U_X = \sum_{i=1}^{2}\frac{Q_i.x_0 l_i}{U} =$$

$$= \frac{(Q_{OA}.l_0 + Q_{AB}.l_1).0,38}{U} = \frac{(1627,87.20 + 921,87.24).0,38}{35} = 610,83 \text{ V}$$

Thành phần hao tổn tác dụng

$$\Delta U_R = \Delta U_{cp} - \Delta U_X = 1400 - 610,83 = 789,17 \text{ V}$$

Xác định thành phần tác dụng của hao tổn điện áp cho phép trên đoạn OA

$$\Delta U_{R.OA} = \frac{\Delta U_R}{1 + \sqrt{\dfrac{\sum_{i=2}^{n} M_i L_i}{M_0 L_0}}} = \frac{\Delta U_R}{1 + \sqrt{\dfrac{(P_1.l_1^2 + P_2.l_2^2)}{P_{0A} l_0^2}}} = \frac{789,1}{1 + \sqrt{\dfrac{(1487,5.24^2 + 1139.16^2)}{2626,5.20^2}}} =$$

$$= 385,83 \text{ V}$$

Tiết diện dây dẫn trên đoạn OA:

$$F_{0A} = \frac{P_{0A}.l_0}{\gamma \quad U_n \Delta U_{R.0A}} = \frac{2626,5.20.10^3}{32.35.385,83} = 125,1 \text{ mm}^2,$$

ta chọn dây A-150 có $r_0 = 0,21$ và $x_0 = 0,392$ Ω/km

Xác định thành phần tác dụng của hao tổn điện áp thực tế trên đoạn 0A

$$\Delta U_{0Ar} = \frac{P_{0A} r_0 l_0}{U_n} = \frac{2626,5.0,21.20}{35} = = 324,36 \text{ V}$$

Thành phần tác dụng của hao tổn điện áp cho phép trên đoạn dây còn lại sẽ là: $\Delta U_{R.AB} = \Delta U_{R.AC} = \Delta U_R - \Delta U_{0Ar} = 789,17 - 324,36 = 464,81$ V;

Tiết diện dây dẫn trên đoạn AB được xác định

$$F_{AB} = \frac{P_1 l_1}{\gamma \quad U_n \Delta U_{R.AB}} = \frac{1487,5.24.10^3}{32.35.464,81} = 70,54 \text{ mm}^2,$$ ta chọn dây AC-95 có $r_0 = 0,33$ và $x_0 = 0,4$ Ω/km

Tiết diện dây dẫn trên đoạn AC được xác định

$$F_{AC} = \frac{P_2 l_2}{\gamma \quad U_n \Delta U_{R.AC}} = \frac{1139.16.10^3}{32.35.464,81} = 36,05 \text{ mm}^2,$$ ta chọn dây AC-35 có $r_0 = 0,85$ và $x_0 = 0,429$ Ω/km

Kiểm tra hao tổn thực tế

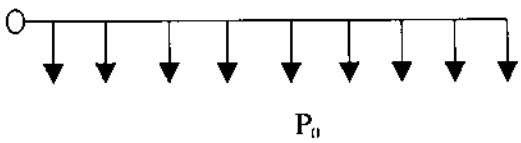
$$\Delta U = \frac{\sum_1^n P_i l_i r_{0i} + \sum_1^n Q_i l_i x_{0i}}{U_n} =$$

$$= \frac{2626,5.20.0,21 + 1487,5.24.0,33 + 1627,83.20.0,392 + 921,87.24.0,40}{35} =$$

$$= 1367,55 < \Delta U_{cp} = 1400 \text{ V}$$

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 $l = 300$ m (hình 3.15) có suất phụ tải trên một đơn vị chiều dài là $p_0 = 0,15$ kW/m, hao tổn điện áp cho phép là $\Delta U_{cp} = 2,5$ %, 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

$$M = \frac{p_0.l^2}{2} = \frac{0,15.300^2}{2} = 6750 \text{ kW.m.}$$

Chọn dây đồng có C = 83 (bảng 4.pl.BT) vậy tiết diện dây dẫn tính toán là

$$F = \frac{M}{C\Delta U_{cp}\%} = \frac{6750}{83.2,5} = 33,53 \text{ mm}^2$$

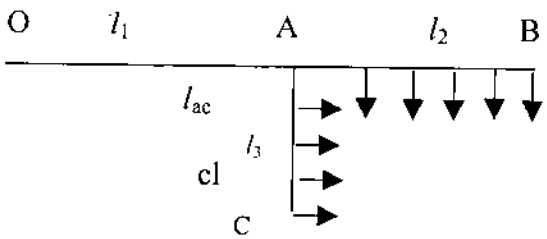
Chọn dây đồng M-35 có F = 35 mm^2;

Hao tổn thực tế $\Delta U\% = \frac{M}{C.F_c} = \frac{6750}{83.35} = 2,32\ \% < 2,5\ \%$

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 m và đoạn AC có l_3 = 75 m. suất phụ tải trên một đơn vị chiều dài là p_0 = 0,11kW/m, hao tổn điện áp cho phép là ΔU_{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 ΔU_{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.

$P_{AB} = p_0.l_2 = 0,11.125 = 13,75$ kW

$P_{AC} = p_0.l_3 = 0,11.75 = 8,25$ kW

$P_{OA} = P_{AB} + P_{AC} = 13,75 + 8,25 = 22$ kW

Momen tải của các đoạn dây

$M_{OA} = P_{OA}.\ l_1 = 22\ .\ 50 = 1100$ kWm

$M_{AB} = P_{AB}.\ l_{AB}/2 = 13,75.\ 125/2 = 859,38$ kWm.

$M_{AC} = P_{AC}.\ l_{AC}/2 = 8,25.\ 75/2 = 309,38$ kWm

Tra bảng 4.pl.BT. ta tìm được hệ số C = 83 và bảng 5.pl.BT cho α=1,85.

Xác định momen quy đổi

$$M_{qd} = M_{OA} + M_{AB} + \alpha M_{AC} = 1100 + 859,38 + 1,85.\ 309,38 = 2531,72 \text{ kWm}$$

Tiết diện dây dẫn trên đoạn dây đầu

$$F_{OA} = \frac{M_{qd}}{C\Delta U_{cp}} = \frac{2531,72}{83.1,3} = 23,46 \text{ mm}^2\text{, ta chọn dây M-25}$$

Hao tổn điện áp thực tế trên đoạn OA

$$\Delta U_{OA} = \frac{2531,72}{83.25} = 1,22\ \%$$

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

$$F_{ab} = \frac{859,38}{83.1,28} = 8,09 \text{ mm}^2 \text{ chọn dây M-10}$$

$$F_{ab} = \frac{309,38}{14.1,28} = 17,27 \text{ mm}^2 \text{ chọn dây M-16 (C = 14, theo bảng 4.pl.BT)}$$

Ví dụ 3.24: Một động cơ công suất 40 kW, cosφ = 0,82 , điện áp định mức là U_{nDC} = 380 V, bội số mở máy k_I = 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 m; r_0 = 0,64 Ω/km; x_0 = 0,32 Ω/km;

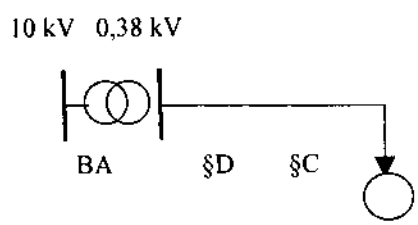
Hãy kiểm tra điều kiện mở máy của động cơ.

Giải: xác định điện trở của các phần tử mạng điện:

$$Z_{BA} = \frac{U_k U_{nBA}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{5,5.0,38^2.10^3}{100.180} =$$

$$= 0,044\ \Omega$$

$$R_{BA} = \frac{\Delta P_k U_{nBA}^2}{S_{nBA}^2} = \frac{2,4.0,38^2}{100^2.10^{-3}} =$$



Hình 3.17. Sơ đồ mạng điện ví dụ 3.24.

$= 0,011\ \Omega$

$$X_{BA} = \sqrt{Z_{BA}^2 - R_{BA}^2} = 10^{-3}\sqrt{0,044^2 - 0,011^2} = 0,043\Omega$$

Đường dây: $R_{dd} = r_0 l = 0,63.\ 0,32 = 0,205\Omega$

$X_{dd} = x_0 l = 0,32.\ 0,32 = 0,102\ \Omega;$

Động cơ : Dòng điện định mức của động cơ

$$I_{nDC} = \frac{P}{\sqrt{3}.U_{nĐC}\cos\varphi} = \frac{40}{\sqrt{3}.0,38.0,82} = 74,114\ A$$

$$X_{dc} = \frac{U_n}{\sqrt{3}I_{nDC}K_i} = \frac{380}{\sqrt{3}.74,114.3,5} = 0,846\ \Omega$$

$$Z_{BA} + Z_{DD} = \sqrt{(0,011+0,205)^2 + (0,044+0,102)^2} = 0,26\ \Omega$$

$$Z_{BA} + Z_{DD} + Z_{DC} = \sqrt{(0,011+0,205)^2 + (0,044+0,102+0,846)^2} = 1,014\ \Omega$$

$$\Delta U_{kd} = \frac{Z_{mba} + Z_{dd}}{Z_{mba} + Z_{dd} + Z_{dc}}100 = \frac{0,26}{1,014}100 = 25,623\ \% < 40\ \%$$

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

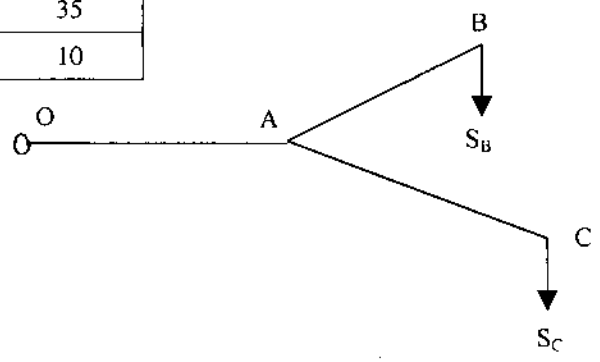
3.11. Hãy xác định hao tổn điện áp trên đường dây 10 kV làm bằng dây dẫn AC50 dài 18 km, công suất truyền tải trên đường dây là S = 230 +j 180 kVA.

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 kVvới 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

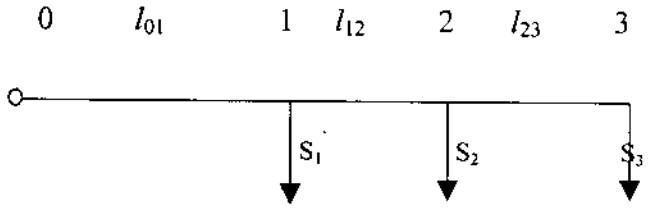


Hình 3.18. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.13.

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.

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 cosφ = 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.



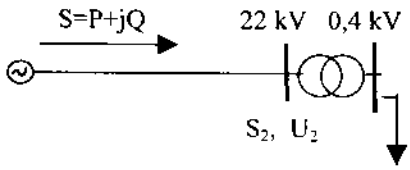
3.16. Hãy xác định hao tổn điện áp trong máy biến áp TM-400/10, biết công suất truyền tải trên đường dây là S = 360 +j 276 kVA.

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 φ = 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 cosφ = 0,80, Thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 4800 h.

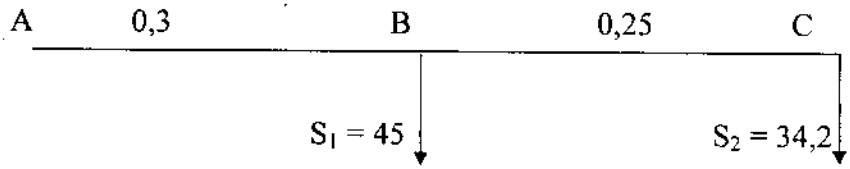
3.19. Hãy xác định hao tổn điện áp trong mạng điện gồm đường dây làm bằng dây dẫn AC70 dài 8 km và máy biến áp TM-630/10 công suất truyền tải trên đường dây là S = 400 +j 300 kVA.

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 ΔU_{cp} = 10 % ; công suất truyền tải S = 68 kVA , hệ số cosφ = 0,85; dự kiến dùng dây nhôm (γ = 32 m/Ω.mm²).



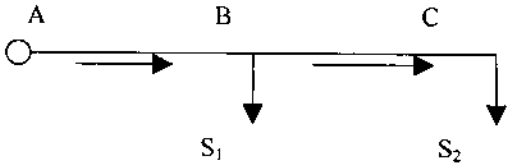
Hình 3.19. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.19.

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 cosφ = 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 ΔU_{cp} = 11,5 %;



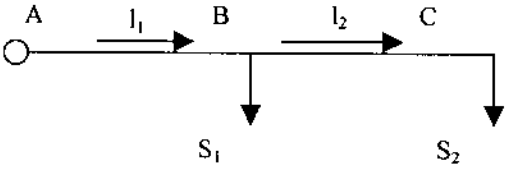
Hình.3.20. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.21.

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 cosφ = 0,88, thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 4590 h.



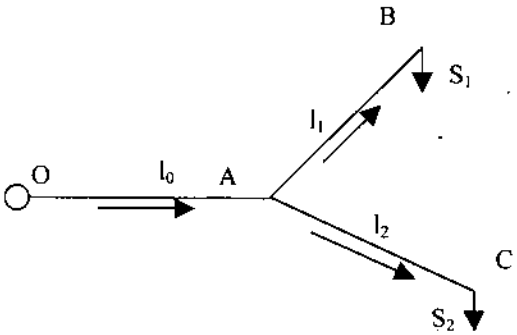
Hình.3.21. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.22.

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, cosφ = 0,86 thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 4500 h.



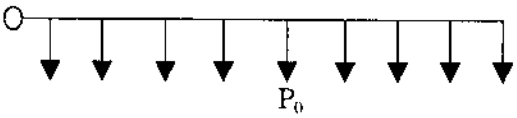
Hình.3.22. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.24.

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 cosφ = 0,86 hao tổn điện áp cho phép ΔU_{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.



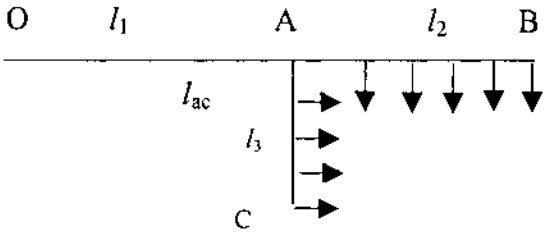
Hình.3.23. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.25.

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 cosφ = 0,85 hao tổn điện áp cho phép ΔU_{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.

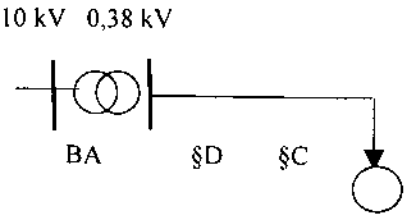
3.26. Chọn tiết diện dây dẫn cho mạng điện chiếu sáng 380/220V dài l = 160 m (hình 3.24) có suất phụ tải trên một đơn vị chiều dài là p_0 = 0,25 kW/m,



Hình 3.25. Sơ đồ mạng điện bài tập 3.27.

hao tổn điện áp cho phép là ΔU_{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 = 0,15kW/m, hao tổn điện áp cho phép là ΔU_{cp} = 1,5 %. 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 nhôm.



Hình 3.26. Sơ đồ mạng điện bài 3.28.

3.28. Một động cơ công suất 33 kW, cosφ = 0,80, điện áp định mức là $U_{nĐC}$ = 380 V, bội số mở máy k_I = 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; ΔP_k = 2,4 kW ; U_k = 5,5 %.

Đường dây A35 dài l = 350 m; r_0 = 0,92 Ω/km; x_0 = 0,33 Ω/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 trong tâm phụ tải được coi là vị trí của trạm biến áp và được xác định theo biểu thức :

$$X = \frac{\sum S_i x_i}{\sum S_i}; \quad Y = \frac{\sum S_i y_i}{\sum S_i}, \tag{4.1}$$

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:

$$\psi = \sum S_i \sqrt{(x_i - X)^2 + (y_i - Y)^2} \rightarrow \min \tag{4.2}$$

Toạ độ của trạm biến áp là các nghiệm của hệ phương trình

$$\frac{\partial \psi}{\partial X} = 0 \text{ và } \frac{\partial \psi}{\partial Y} = 0$$

- *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:

$$Z = \sum_{i=1}^{M} z_{cci}\sqrt{(x_i - X)^2 + (y_i - Y)^2} + \sum_{j=1}^{N} z_{PPj}\sqrt{(x_j - X)^2 + (y_j - Y)^2}, \qquad (4.3)$$

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 toạ 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

$$Z = p_{BA} V_{BA} + c_A \Delta A + Y \rightarrow \min, \qquad (4.4)$$

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

$$Y = g_{th} A_{th} = g_{th} P_{th} t_f, \qquad (4.5)$$

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_f;

t_f - thời gian mất điện, đối với trạm biến áp trung gian t_f = 12 và với trạm tiêu thụ t_f = 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

$$PVC = \sum_{t=0}^{T_c} C_t \beta^t \rightarrow \min \qquad (4.6)$$

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 = const thì có thể áp dụng biểu thức

$$PVC = C_t \sum_{t=0}^{T_C} \frac{1}{(1+i)^{-t}} = C_t \left(\frac{1-(1+i)^{-T_C}}{i}\right) \qquad (4.7)$$

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

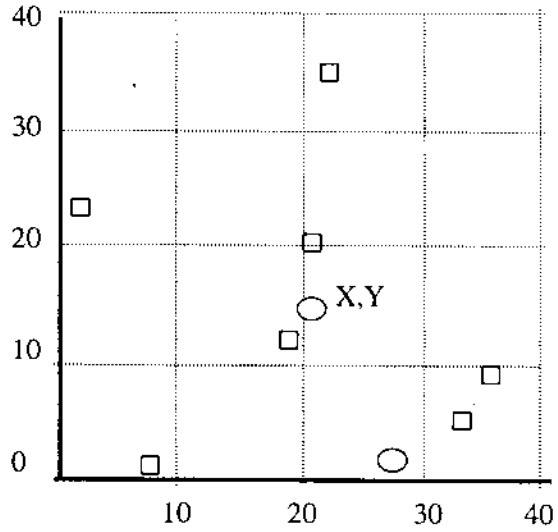
Giải: Toạ độ của trong tâm phụ tải được coi là vị trí của trạm biến áp và được xác định theo biểu thức:

$$X = \frac{\sum S_i x_i}{\sum S_i} = \frac{46.7,4 + 52,5.33 + 35.2 + 56,3.21 + 38.19 + 42,7.36 + 37.22}{46 + 52,5 + 35 + 56,3 + 38 + 42,7 + 37} =$$

$$= \frac{6398,4}{307,5} = 20,81$$

$$Y = \frac{\sum S_i y_i}{\sum S_i} = \frac{4384}{307,5} = 14,26$$

Kết quả xác định được X = 20,81km và Y= 14,26 km . Tọa độ các điểm tải và trạm biến áp được thể hiện trên sơ đồ mắt 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	Toạ 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

Toạ độ của trong tâm phụ tải được coi là vị trí của trạm biến áp và được xác định theo biểu thức:

$$X = \frac{\sum S_i x_i}{\sum S_i} =$$

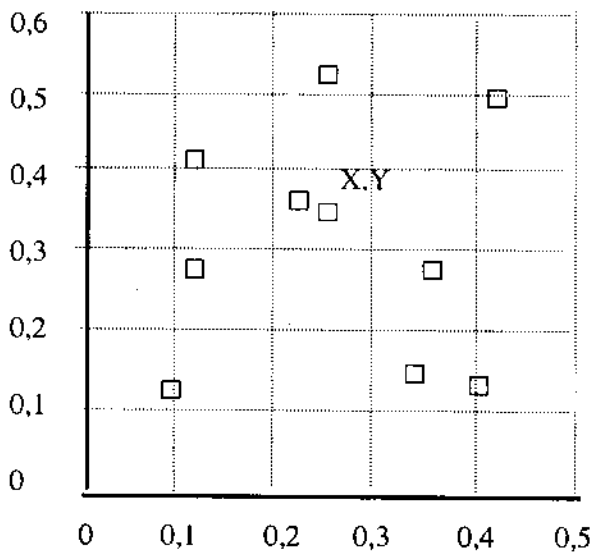
$$= \frac{4,6.0,112 + 6,8.0.42 + 10,15.0,12 + 13,45.0,34 + 25,5.0,25 + 18,25.0,22 + 7,5.0,41 + 3,2.0,36 + 5,7.0,1}{4,6 + 6,8 + 10,15 + 13,45 + 25,5 + 18,25 + 7,5 + 3,2 + 5,7} =$$

$$= \frac{24,39}{95,15} = 0,256$$

$$Y = \frac{\sum S_i y_i}{\sum S_i} = \frac{33,32}{95,15} = 0,35$$

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_{tt} = 900 kVA, hệ số công suất cosφ = 0,82, trong đó phụ tải loại I và II chiếm 60% (m_{I+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_A =500 đ/kWh; suất thiệt hại do mất điện g_{th}=3000 đồng/kWh.



Hình 4.2. Sơ đồ mặt bằng bố trí các điểm tải và trạm biến áp tiêu thụ.

Giải: Hệ số điền kín đồ thị có thể được xác định theo biểu thức:

$$k_{dk} = \frac{S_{th}}{S_M} = \frac{T_M}{8760} =$$

$$= \frac{5150}{8760} = 0,588 < 0,75;$$

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 1máy biến áp công suất 1000 kVA.

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 VNĐ
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

$$S_{sc} = S_n.m_{1+2} = 900 \,.\, 0{,}60 = 540 \text{ kVA}$$

Hệ số quá tải $k_{qt} = \dfrac{S_{sc}}{S_n} = \dfrac{540}{400} = 1{,}35 < 1{,}4$

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:

$Y_2 = g_{th}.P_{th}.t_f = g_{th}.S_{sc}\cos\varphi\,.t_f = 3000.\ 540.0{,}82\ .24 = 31{,}88.10^6$ đ/năm;

Xác định tổn thất điện năng trong các máy biến áp theo biểu thức:

$$\Delta A = n.\Delta P_0 t + \frac{\Delta P_k}{n}\left(\frac{S}{S_n}\right)^2 \tau\,;$$

$\tau = (0{,}124 + T_M 10^{-4})^2 8760 = (0{,}124 + 5150.10^{-4})^2 8760 = 3577$h

Phương án I: $\Delta A_I = 2.0{,}84.8760 + \dfrac{5{,}75}{2}.\left(\dfrac{900}{400}\right)^2 3450 = 66777{,}34$ kWh;

Phương án II: $\Delta A_{II} = 1{,}4.8760 + 10{,}5.\left(\dfrac{900}{800}\right)^2.4150 = 59797{,}54$ kWh;

Tính toán tương tự Phương án III có ΔA_{III} = 52994,67 kWh

Chi phí bù tổn thất:

$C_1 = c_\Delta.\Delta A_1 = 500.\ 66777,34 = 40,066.10^6$đ/năm

$C_2 = 500.\ 59797,54 = 35,88.10^6$

$C_3 = 500.52994,67 = 31,797.\ 10^6$ đ/năm

Chi phí quy đổi của các phương án:

$Z_I = pV_1 + C_1 + Y_1 = 0,164.\ 196,6.10^6 + 40,066 + 0 = 72,50\ .10^6$ đ.

$Z_{II} = pV_2 + C_2 + Y_2 = 0,164.\ 138.10^6 + 35,88 + 31,88 = 90,53\ .10^6$ đ.

$Z_{III} = pV_3 + C_3 + Y_3 = 0,164.\ 145,9.10^6 + 31,797 + 31,88 = 87,75\ .10^6$ 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.t, kVA; cosφ = 0,8, trong đó phụ tải loại I và II chiếm 70% (m_{I+2} = 0,7), thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 5150 h, hệ số chiết khấu i = 0,1; giá thành tổn thất điện năng c_Δ =600 đ/kWh; suất thiệt hại

do mất điện g_{th}=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:

$$S_{sc} = S_{tt7}.m_{1+2} = 818,62.0,7 = 573,03 \text{ kVA}$$

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

$$\tau = (0,124 + T_M 10^{-4})^2 8760 = (0,124 + 5150.10^{-4})^2 8760 = 3577h$$

Phương án I:

Xác định tổn thất điện năng trong các máy biến áp:

Năm thứ nhất:

$$\Delta A_{I-1} = 2.0,84.8760 + \frac{5,75}{2}.(\frac{472,66}{400})^2 3577 = 29798,72 \text{ kWh}$$

Chi phí tổn thất ở năm thứ nhất:

$$C_I = c_\Delta.\Delta A_{I-1} = 600.\ 29798,72,34 = 17,88.10^6 đ/năm$$

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:

$$Y_1 = 3000.\ 330.0,82\ .24 = 19,53.10^6 \text{ đ/năm;}$$

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

$$C = C_I + Y = 17,88.10^6 \text{ đ}$$

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, đ	C_{Σ}	β^t	$C_{\Sigma}.\beta^t$	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	Ssc, kVA	ΔA, kWh	Y, 106, đ	C, 106, đ	C∑	βt	C∑. 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	Ssc, kVA	ΔA, kWh	Y, 106, đ	C, 106, đ	C∑	βt	C∑. 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 $S_{nB3A} > S_7$ thì phương án lựa chọn sẽ là máy biến áp 1000 kVA và trong trường hợp này tổng chi phí tính toán sẽ là 378,4.10^6 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 cosφ 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, cosφ = 0,8, trong đó có 65 % phụ tải loại I và loại II (m_{I+2} = 0,65), thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 4870 h. Giá thành tổn thất điện năng c_Δ = 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, cosφ = 0,8, trong đó có 60 % phụ tải loại I và loại II (m_{I+2} = 0,60), thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 4750 h. Giá thành tổn thất điện năng c_Δ = 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 cosφ = 0,8, trong đó phụ tải loại I và II chiếm 65% (m_{I+2} = 0,65); thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 4750 h. Giá thành tổn thất điện năng c_Δ = 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, cosφ = 0,8, trong đó phụ tải loại I và II chiếm 63% (m_{I+2} = 0,63); thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 5000 h. Giá thành tổn thất điện năng c_Δ = 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	$X_{mp} = x''_d \frac{U_{cb}^2}{S_{mp}}$	$X_{mp*} = x''_d \frac{S_{cb}}{S_{mp}}$
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 $S_k = S_{cắt}$ 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, MVA;

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:

$$E_{Pt*} = \sqrt{(\frac{U}{U_{cb}}\cos\varphi)^2 + (\frac{U}{U_{cb}}\sin\varphi - \frac{I_{Pt}x_{Pt*}}{I_{cb}})^2}\ ,$$

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: $X_\Sigma = X_1 + X_2 + \ldots + X_n$.

- Mạch song song: $X_\Sigma = \dfrac{1}{1/X_1 + 1/X_2 + \ldots + 1/X_n}$

Với mạch 2 phần tử: $X_\Sigma = \dfrac{X_1 X_2}{X_1 + X_2}$

Với mạch 3 phần tử: $X_\Sigma = \dfrac{X_1 X_2 X_3}{X_1X_2 + X_1X_3 + X_2X_3}$

Suất điện động tương đương của n nguồn song song

$$E_{td} = \frac{E_1 g_1 + E_2 g_2 + \ldots + E_n g_n}{g_1 + g_2 + \ldots + g_n}$$

với $$g_1 = \frac{1}{Z_{\Sigma 1}};\ g_2 = \frac{1}{Z_{\Sigma 2}}\ \ldots,\ g_n = \frac{1}{Z_{\Sigma n}}$$

Biến đổi sao-tam giác và ngược lại:

$$X_{12} = X_1 + X_2 + \frac{X_1X_2}{X_3};\ X_{13} = X_1 + X_3 + \frac{X_1X_3}{X_2};\ X_{23} = X_2 + X_3 + \frac{X_2X_3}{X_1}$$

$$X_1 = \frac{X_{12}X_{13}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}};\ X_2 = \frac{X_{12}X_{23}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}};\ X_3 = \frac{X_{23}X_{13}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}}$$

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

$$I_{xk} = \sqrt{I_{ck}^2 + I_{kck}^2} = I_k^{(3)}.\sqrt{1 + 2(k_{xk} - 1)^2} = I_k^{(3)} q_{xk}$$

Hệ số q_{xk} phụ thuộc vào nơi xẩy 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***: $Z_1 = Z_k$

* ***Điên 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 lồi : $X_2 = 1,45x''_d$.
- Máy phát cực ẩn : $X_2 = 1,22x''_d$.

* ***Điên 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

$$X_0 = \left(\frac{0,3.U_{nBA}^2}{S_{nBA}} \div \frac{U_{nBA}^2}{S_{nBA}} \right)$$

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;

η , $\cos\varphi$ - hệ số hiệu dụng và hệ số công suất của động cơ.

Dòng xung kích từ động cơ:

$$i_{xkđ} = \sqrt{2}\,.4{,}5I_{dc}.$$

Lúc đó giá trị của dòng ngắn mạch sẽ là

$$I_k = I_k^{(3)} + I_{dc}$$

Và dòng xung kích $\quad i_{xk} = i_{xk}^{(3)} + i_{xkđc}$

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.

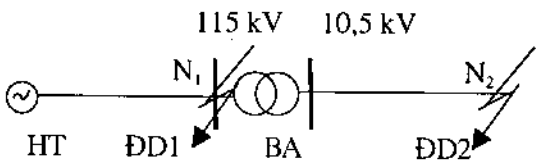
Nếu không kể đến điện trở phía cao áp và điện trở của các thiết bị phụ thì có thể xác định tổng trở ngắn mạch một pha theo biểu thức sau:

$$Z_\Sigma = \sqrt{(3R_B + 6R_f)^2 + (2X_B + X_{0B} + 7X_f)^2}$$

Khi đó dòng ngắn mạch một pha sẽ là

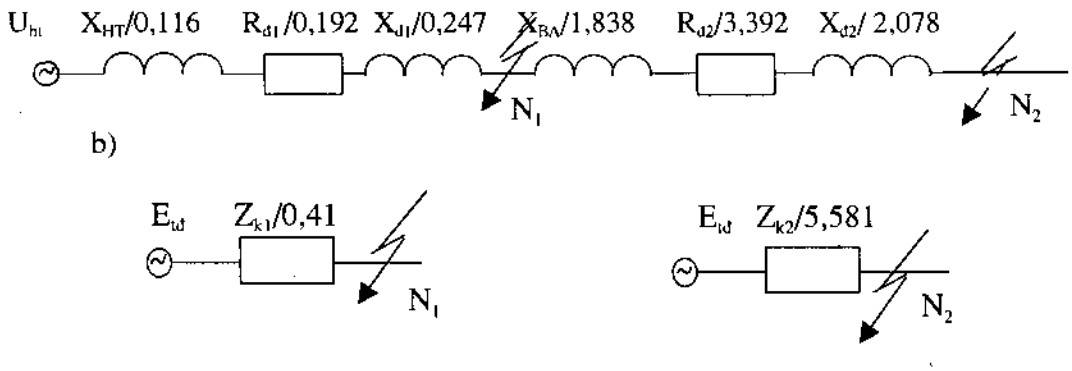
$$I_k^{(1)} = \frac{3.0{,}95.E_f}{Z_\Sigma}$$

2. BÀI GIẢI MẪU



Hình 5.1.a. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.1.

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.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 $x_0 = 0,415\ \Omega/km$; dây AC-50 có $r_0 = 0,64$ và $x_0 = 0,392\ \Omega/km$

- Điện trở của hệ thống : $X_1 = X_{ht} = \dfrac{U_{cb}^2}{S_{kht}} = \dfrac{10,5^2}{950} = 0,116\ \Omega$

- Điện trở đường dây:

$$R_{d1} = r_{01}.l_1\left(\frac{U_{cb}}{U_{d1}}\right)^2 = 0,33.70.\left(\frac{10,5}{115}\right)^2 = 0,192\Omega$$

$$X_{d1} = x_{01}.l_1\left(\frac{U_{cb}}{U_{d1}}\right)^2 = 0,423.70.\left(\frac{10,5}{115}\right)^2 = 0,247\ \Omega$$

$$R_{d2} = r_{02}.l_2\left(\frac{U_{cb}}{U_{d2}}\right)^2 = 0,64.5,3.\left(\frac{10,5}{105}\right)^2 = 3,392\ \Omega$$

$$X_{d2} = x_{01}.l_1\left(\frac{U_{cb}}{U_{d2}}\right)^2 = 0,392.5,3. = 2,078\ \Omega$$

- Điện trở máy biến áp: $X_{BA} = \dfrac{U_k.U_{cb}^2}{100.S_{BA}} = \dfrac{10,5.10,5^2}{100.6,3} = 1,838\ \Omega$

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:

$$Z_{k2} = \sqrt{(R_{d1} + R_{d2})^2 + (X_{ht} + X_{d1} + X_{BA} + X_{d2})^2} =$$

$$= \sqrt{0,192 + 3,392)^2 + (0,116 + 0,247 + 1,838 + 2.078)^2} = 5,581\ \Omega$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N_1 ứng với cấp điện áp cơ bản:

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}.Z_{k1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3}.0,41} = 14,756\ kA$$

Giá trị dòng ngắn mạch thực tế tại điểm xảy ra ngắn mạch

$$I_{k1}^{0(3)} = I_{k1}^{(3)} \frac{U_{cb}}{U_d} = 14,756.\frac{10,5}{115} = 1,347\ kA$$

Hệ số xung kích k_{xk} được xác định phụ thuộc vào tỷ lệ X_{k1}/R_{k1}

$$X_{k1} = X_{ht} + X_{d1} = 0,116 + 0,247 = 0,363\ \Omega$$

$R_{k1} = R_{d1} = 0,192\ \Omega$, 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:

$$i_{xk} = \sqrt{2}.k_{xk1}.I_{k1}^{(3)} = \sqrt{2}.1,198.1,347 = 2,283\ kA$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích:

$$I_{xk} = I_k^{(3)}\sqrt{1 + 2(k_{xk} - 1)^2} = 1,347.\sqrt{1 + 2.(1,198 - 1)^2} = 1,4\ kA$$

Công suất ngắn mạch: $S_{k1} = \sqrt{3}.U.I_{k1}^{(3)} = \sqrt{3}.115.1,347 = 268,362$ MVA.

Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N_2 ứng với cấp điện áp cơ bản:

$$I_{k2}^{(3)} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}.Z_{k2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3}.5,581} = 1,086\ kA$$

Hệ số xung kích k_{xk} được xác định phụ thuộc vào tỷ lệ X_{k2}/R_{k2}

$$X_{k2} = X_{ht} + X_{d1} + X_{BA} + X_{d2} = 4,28\ \Omega$$

$R_{k2} = R_{d1} + R_{d2} = 3,58\ \Omega$, vậy $X_{k1}/R_{k1} = 4,28/3,58 = 1,19$

từ đó ta tìm được $k_{xk1} = 1,12$ (bảng 6.pl.BT);

Giá trị dòng điện xung kích:

$$i_{xk2} = \sqrt{2}.k_{xk2}.I_{k2}^{(3)} = \sqrt{2}.1,12.1,086 = 1,72 \text{ kA};$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích:

$$I_{xk2} = I_{k2}^{(3)}\sqrt{1+2(k_{xk}-1)^2} = 1,086.\sqrt{1+2.(1,12-1)^2} = 1,1 \text{ kA}$$

Công suất ngắn mạch:

$$S_{k2} = \sqrt{3}.U.I_{k2}^{(3)} = \sqrt{3}.10,5.1,086 = 19,75 \text{ MVA}.$$

b. Giải trong hệ đơn vị tương đối

Trước hết ta chọn các tham số cơ bản:

$$S_{cb} = 100 \text{ MVA}; U_{cb} = 10,5 \text{ kV}; I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}.U_{cb}} = \frac{100}{\sqrt{3}.10,5} = 5,5 \text{ kA}.$$

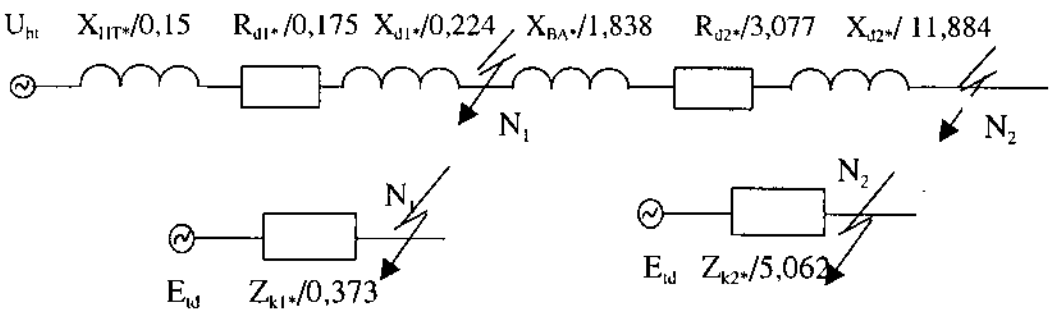
Xác định điện trở của các phần tử:

- Điện trở của hệ thống :

$$X_{ht*} = \frac{S_{cb}}{S_{kht}} = \frac{100}{950} = 0,105$$

- Điện trở đường dây:

$$R_{d1*} = r_{01}.l_1\frac{S_{cb}}{U_{d1}^2} = 0,33.70.\frac{100}{115^2} = 0,175$$



Hình 5.1.c. Sơ đồ thay thế tính toán bài toán 5.1 trong hệ đơn vị tương đối.

$$X_{d1*} = x_{01}.l_1\frac{S_{cb}}{U_{d1}^2} = 0,423.70.\frac{100}{115^2} = 0,224;$$

$$R_{d2*} = r_{02}.l_2 \frac{S_{cb}}{U_{d2}^2} = 0,64.5,3.\ \frac{100}{10,5^2} = 3,077$$

$$X_{d2*} = x_{01}.l_1 \frac{S_{cb}}{U_{d2}^2} = 0,392.5,3.\ \frac{100}{10,5^2} = 1,884$$

- Điện trở máy biến áp:

$$X_{BA*} = \frac{U_k S_{cb}}{100 S_{BA}} = \frac{10,5.100}{100.6,3} = 1,667$$

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:

$$Z_{k2*} = \sqrt{(R_{d1} + R_{d2})^2 + (X_{ht} + X_{d1} + X_{BA} + X_{d2})^2} =$$

$$= \sqrt{(0,175 + 3,077)^2 + (0,105 + 0,224 + 1,667 + 1,884)^2} = 5,062$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N1 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

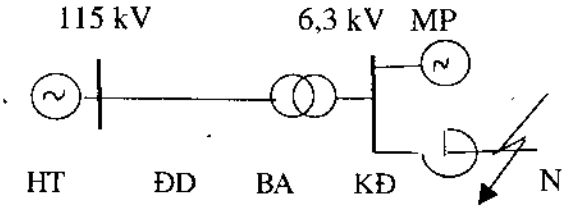
$$I_{k1}^{0(3)} = I_{k1}^{(3)} \frac{U_{cb}}{U_d} = 14,756.\frac{10,5}{115} = 1,347 \text{ kA}$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N_2:

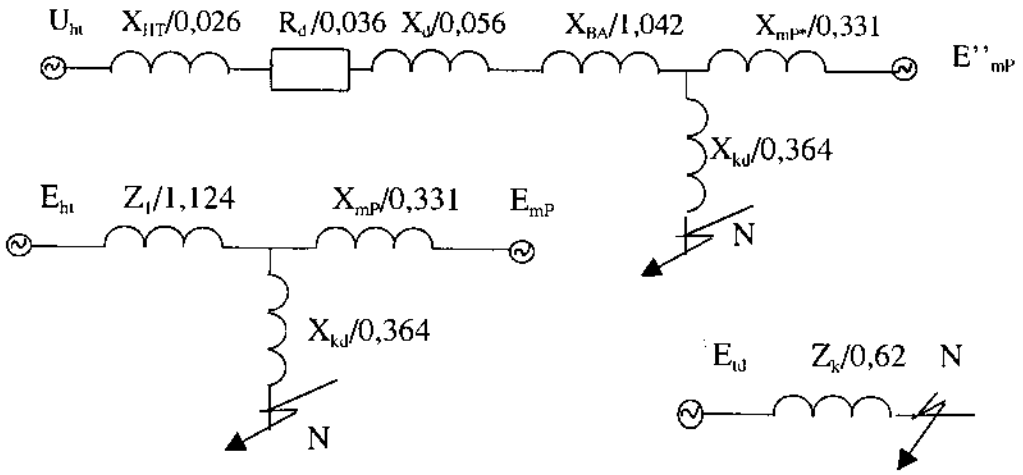
$$I_{k2}^{(3)} = \frac{I_{cb}}{Z_{k2*}} = \frac{5,5}{5,062} = 1,086 \text{ kA}$$

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 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 Ω/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 kV, I_{kd} = 0.5 kA và x_{kd} = 0,05; máy phát công suất S_{mp} = 15 MVA, điện trở siêu quá độ x'' = 0,125, suất điện động E = 6,8 kV, điện áp định mức U_{mp} = 6,3 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:

$X_{HT}=\frac{U_{cb}^2}{S_k}=\frac{6,3^2}{1540}=0,026\ \Omega$	$R_d=r_0 l\frac{U_{cb}^2}{U_d^2}=0,27.45(\frac{6,3}{115})^2=0,036$
$X_B=\frac{U_k U_{cb}^2}{100.S_{BA}}=\frac{10,5.6,3^2}{100.4}=1,042$	$X_d=x_0 l\frac{U_{cb}^2}{U_d^2}=0,415.45(\frac{6,3}{115})^2=0,056$
$X_{mP}=x''_d\frac{U_{cb}^2}{S_{mP}}=0,125\frac{6,3^2}{15}=0,331$	$X_{kd}=x_{kd}\frac{U_{kd}}{\sqrt{3}I_{kd}}=0,05\frac{6,3}{\sqrt{3}.0,5}=0,364$

$$Z_{\Sigma 1} = \sqrt{R_d^2 + (X_{ht} + X_d + X_B + X_{mp})^2} =$$

$$= \sqrt{0{,}036^2 + (0{,}026 + 0{,}056 + 1{,}042 + 0{,}331)^2} = 1{,}124\ \Omega$$

$$g_{\Sigma 1} = 1/Z_{\Sigma 1} = 1/\ 1{,}124 = 0{,}89$$

$$g_{mP} = 1/\ X_{mP} = 1/\ 0{,}331 = 3{,}021$$

Suất điện động của hệ thống quy về cấp cơ sở $E_{HT} = 6{,}3/\sqrt{3} = 3{,}64$ kV;

Suất điện động của máy phát quy về điện áp pha $E_{mP}=6{,}8/\sqrt{3}=3{,}93$ kV

Suất điện động tương đương

$$E_{td} = \frac{E_{HT}g_{\Sigma 1} + E_{mP}g_{mP}}{g_{\Sigma 1} + g_{mP}} = \frac{3{,}64.0{,}89 + 3{,}93.3{,}021}{0{,}89 + 3{,}021} = 3{,}7\ \text{kV}$$

$$Z_{td} = 1/(\ g_{\Sigma 1} + g_{mP}) = 1/\ 3{,}911 = 0{,}256\ \Omega$$

$$Z_k = Z_{td} + X_{kd} = 0{,}256 + 0{,}364 = 0{,}62\ \Omega$$

$$I_k^{(3)} = E_{td}/\ X_k = 3{,}7/0{,}62 = 5{,}97\ \text{kA}$$

$$I_k^{(2)} = 0{,}87 I_k^{(3)} = 0{,}87.5{,}98 = 5{,}2\ \text{kA}$$

$$i_{xk} = 2{,}55 I_k^{(3)} = 2{,}55.\ 5{,}98 = 15{,}22\ \text{kA}$$

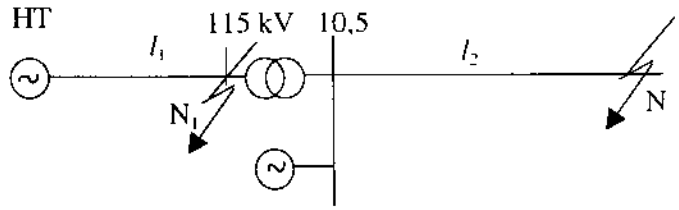
$$I_{xk} = q_{xk}.\ I_k^{(3)} = 1{,}52.\ 5{,}98 = 9{,}1\ \text{kA};$$

$$S_k = \sqrt{3}\ I_k^{(3)} U = \sqrt{3}\ .\ 5{,}98.\ 6{,}3 = 65{,}24\ \text{MVA}.$$

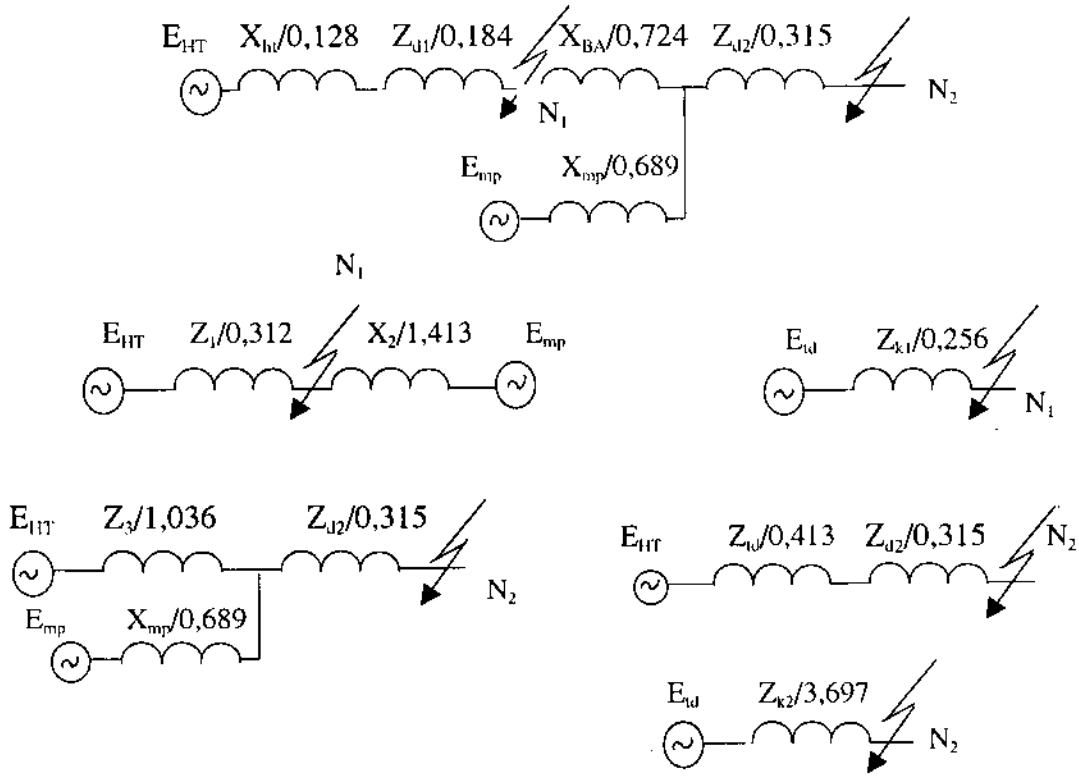
Bài 5. 3. Hãy tính toán ngắn mạch ba pha tại điểm N1 và N2 trong mạng điện cho trên sơ đồ (hình 5.3.a).

Các tham số của các phần tử được cho trong bảng sau

Phần tử	Các tham số				
HT		U = 115 kV	S_k=860 MVA		
BA	TMTH-16/110	115/10,5kV	S_{BA}=16 MVA	U_k =10,5%	
MP		E_{mp} = 11 kV	S_{mp}=20MVA	x''$_d$ 0,125	U_{nmp}=10,5 kV
ĐD 1	AC-120	U = 115 kV	l_1 = 45 km	r_{01}=0,27Ω/km	x_{01} 0,41Ω/km
ĐD 2	AC- 70	U_2=10,5kV	l_2 = 5,5 km	r_{02}=0,46Ω/km	x_{02}=0,38Ω/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 MVA, U_{cb} = 10,5 kV, $I_{cb} = \dfrac{S_{cb}}{\sqrt{3}.U_{cb}} = \dfrac{100}{\sqrt{3}.10,5} = 5,5$ kA Để đơn giản hoá việc tính toán ta áp dụng phương pháp gần đúng tính giá trị điện trở của đường dây $Z_d = z_0.l$, với $z_0 = \sqrt{r_0^2 + x_0^2}$:

Đối với dây dẫn AC-120 $z_{01} = \sqrt{0,27^2 + 0,41^2} = 0,49$ Ω/km;

Đối với dây dẫn AC-70 $z_{02} = \sqrt{0,46^2 + 0,38^2} = 0,597$ Ω/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}	$x_d'' \frac{U_{cb}^2}{S_{mP}} = 0,125.\frac{10,5^2}{20} = 0,689\ \Omega$	$X_{mP*} = x_d'' \frac{S_{cb}}{S_{mP}} = 0,125.\frac{100}{20} = 0,625$
ĐD 1	Z_{d1}	$z_{01}.l_1 (\frac{U_{cb}}{U_{d1}})^2 = 0,49.45 (\frac{10,5}{115})^2 = 0,184\ \Omega$	$Z_{d1*} = z_{01}.l_1 \frac{S_{cb}}{U_{d1}^2} = 0.49.45.\frac{100}{115^2} = 0,167$
ĐD 2	Z_{d2}	$x_{02}.l_2 (\frac{U_{cb}}{U_{d2}})^2 = 0,597.45 (\frac{10,5}{10,5})^2 = 3,135\ \Omega$	$Z_{d2*} = z_{02}.l_2 \frac{S_{cb}}{U_{d2}^2} = 0.597.45 \frac{100}{10,5^2} =$ $= 2,978$
Tính toán ngắn mạch tại điểm N_1			
Đ.trở		$Z_1 = X_{ht} + Z_{d1} = 0,128 + 0,184 = 0,312\ \Omega$ $Z_2 = X_B + X_{mp} = 0,724 + 0,689 = 1,413$	$Z_{1*} = 0,116 + 0,167 = 0,283\ \Omega$ $Z_{2*} = X_{B*} + X_{mp*} = 0,656 + 0,625 = 1,281$
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.đ HT	E_{HT}	$\frac{U_{CB}}{\sqrt{3}} = \frac{10,5}{\sqrt{3}} = 6,062\ kV$	$E_{HT*} = 1$
Sđ.đ MP	E_{mP}	$\frac{E_{mP}}{\sqrt{3}} = \frac{11}{\sqrt{3}} = 6,35\,kV$	$E_{mP*} = \frac{E_{mP}}{U_{CB}} = \frac{11}{10,5} = 1,05$
Sđ.đ	E_{td}	$\frac{E_{ht}.g_1 + E_{mp}.g_2}{g_1 + g_2} = 6,114$	$E_{td*} = \frac{E_{ht*}.g_{1*} + E_{mp*}.g_{2*}}{g_{1*} + g_{2*}} = 1,01$
Dòng nm.CB	$I_{k1.CB}^{(3)}$	$\frac{E_{td1}}{Z_{k1}} = \frac{6,114}{0,256} = 23,9\ kA$	$\frac{E_{td1*}}{Z_{k1*}}.I_{CB} = \frac{1,01}{0,232}.5,5 = 23,9\ kA$

Tính toán ngắn mạch tại điểm N_1 (tiếp theo)			
Dòng nm	$I_{k1}^{(3)}$	$I_{k1}^{(3)} \frac{U_{CB}}{U_{tB}} = 23,9 \frac{10,5}{115} = 2,18$ kA	
Dòng x.kích	i_{xk1}	$\sqrt{2}.k_{xk1}.\ I_{k1}^{(3)} = \sqrt{2}.1,8.2,18 = 5,56$ kA	
G.trị h.dụng	I_{xk1}	$q_{xk}.\ I_{k1}^{(3)} = 1,52.\ 2,18 = 3,32$ kA	
C.suất nm	S_{k1}	$\sqrt{3}\ U.\ I_{k1}^{(3)} = \sqrt{3}.115.2,18 = 434,69$ MVA	
Tính toán ngắn mạch tại điểm N_2			
	Z_3	$X_{hl}+Z_{d1}+X_{B}= = 0,128+0,184+0,724= 1,036\ \Omega$	$Z_{3*}=0,116 +0,167+0,656= 0,94$
Điện dẫn các nhánh	g	$g_3 = \frac{1}{Z_3} = \frac{1}{1,036} = 0,965$ S $g'_2 = \frac{1}{X_{mlp}} = \frac{1}{0,689} = 1,45$ S	$g_{3*}= \frac{1}{Z_{3*}} = \frac{1}{0,94} = 1,06$ $g'_{2*}= \frac{1}{X_{mlp*}} = \frac{1}{0,625} = 1,6$
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}	$\frac{E_{hl}.g_3 + E_{mp}.g'_2}{g_3 + g'_2} = 6,236$ kV	$E_{td2*} = \frac{1.1,06 + 1,01.1,6}{1,06 + 1,6} = 1,02$
Dòng nm , kA	$I_{k2.CB}^{(3)}$	$\frac{E_{td2}}{Z_{k2}} = \frac{6,236}{3,697} = 1,687$	$\frac{E_{td2*}}{Z_{k2*}}.I_{CB} = \frac{1,02}{3,353}.5,5 = 1,687$
Dòng x.kích	i_{xk2}	$\sqrt{2}.k_{xk2}.\ I_{k1}^{(3)} = \sqrt{2}.1,8.1,687 = 4,3$ kA	
G.trị h.dụng	I_{xk2}	$q_{xk}.\ I_{k2}^{3} = 1,52.\ 1,687 = 2,56$ kA	
C.suất nm	S_{k2}	$\sqrt{3}\ U.\ I_{k1}^{(3)} = \sqrt{3}.10,5.1,687 = 30,67$ MVA	

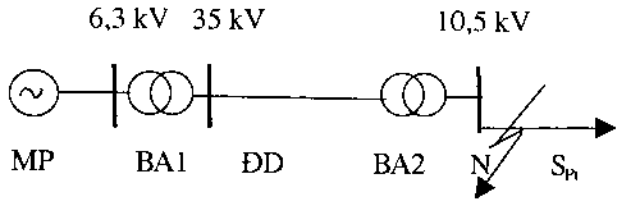
Bài 5. 4. Hãy tính toán ngắn mạch tại điểm N trên sơ đồ mạng điện như hình 5.4.a các phần tử của hệ thống có các tham số như sau:

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} = 6,3kV;

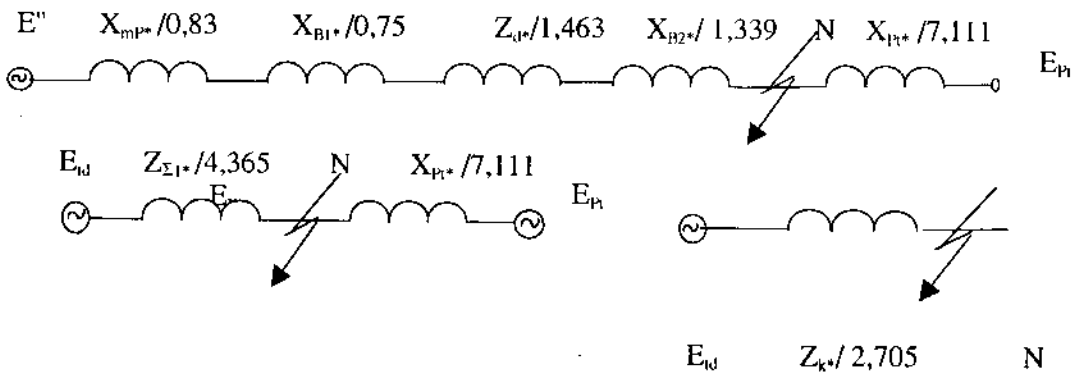
Máy tăng áp 6,3/37 kV có công suất định mức S_{BA1} = 10 MVA, điện áp ngắn mạch U_{k1} = 7,5 %, máy giảm áp 37/10,5 kV có công suất định mức S_{BA2} = 5,6 MVA, U_{k2} = 7,5 %;

Đường dây 35 kV dài 42 km làm bằng dây AC-120 có điện trở r_0 = 0,27 và x_0=0,393Ω/km;

Phụ tải mắc trên thanh cái 10,5 kV của trạm biến áp có giá trị S_{Pt} =4,5 MVA, cosφ= 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 MVA, U_{cb} =10,5 kV

$$I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}U_{cb}} = \frac{100}{\sqrt{3}.10,5} = 5,5 \text{ kA},$$

Dòng điện của phụ tải

$$I_{Pt} = \frac{S_{Pt}}{\sqrt{3}U} = \frac{4,5}{\sqrt{3}.10,5} = 0,247 \text{ kA}$$

Sđđ của phụ tải

$$E_{Pt*} = \sqrt{(\frac{U}{U_{cb}}\cos\varphi)^2 + (\frac{U}{U_{cb}}\sin\varphi - \frac{I_{Pt}}{I_{cb}}x_{pt})^2} = \sqrt{(\frac{10,5}{10,5}0,8^2 + (0,6 - \frac{0,66}{5.5}0,35)^2} = 0,991$$

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: $$X_{B1*} = \frac{U_k S_{cb}}{100 S_{BA1}} = \frac{7,5.100}{100.10} = 0,75$$

Đường dây: $$z_0 = \sqrt{r_0^2 + x_0^2} = \sqrt{0,27^2 + 0,393^2} = 0,477\ \Omega/\text{km}$$

$$Z_{dd*} = z_0.l\ \frac{S_{cb}}{U_d^2} = 0,477.42\frac{100}{37^2} = 1,463$$

Máy BA2: $$X_{B2*} = \frac{U_k S_{cb}}{100 S_{BA2}} = \frac{7,5.100}{100.5,6} = 1,339$$

Phụ tải: $$X_{pt*} = x''_{pt}\frac{S_{cb}}{S_{Pt}} = 0,35\frac{100}{4,5} = 7,111$$

$$Z_{\Sigma 1*} = X_{mP*} + X_{B1*} + Z_{dd*} + X_{B2*} = 0,813 + 0,75 + 1,463 + 1,339 = 4,365$$

$$g_{\Sigma 1} = \frac{1}{Z_{\Sigma 1*}} = \frac{1}{4,365} = 0,229; \quad g_{Pt} = \frac{1}{X_{Pt*}} = \frac{1}{7,111} = 0,141$$

Sđđ tương đương

$$E_{td*} = \frac{E_{ht*}.g_{\Sigma 1} + E_{mp*}.g_{pt}}{g_{\Sigma 1} + g_{pt}} = \frac{1,12.0,229 + 0,991.0,141}{0,229 + 0,141} = 1,071$$

$$Z_{k*} = \frac{1}{g_{\Sigma 1} + g_{pt}} = \frac{1}{0,229 + 0,141} = 2,705;$$

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

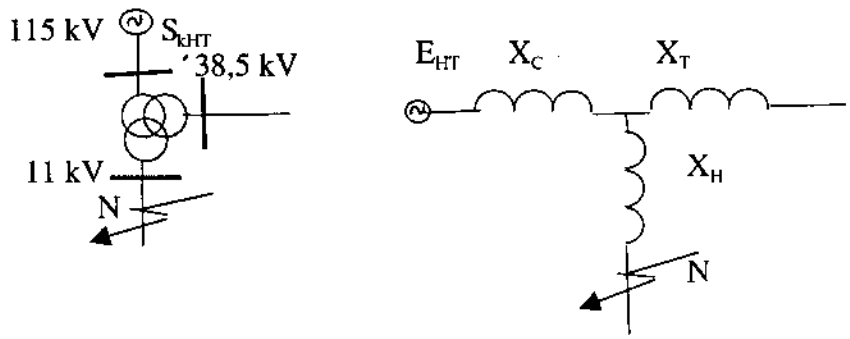
$I_k^{(3)} = I_{k*}^{(3)} I_{cb} = 0,396.5,5 = 2,178$ kA

$i_{xk} = k_{xk}\sqrt{2}\ .\ I_k^{(3)} = 1,8.\ \sqrt{2}\ .2,178 = 5,543$ kA

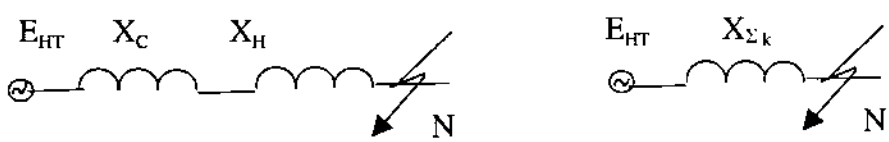
$I_{xk} = I_k^{(3)}\sqrt{1+2(k_{xk}-1)^2} = 2,178\sqrt{1+2(1,8-1)^2} = 3,31$ kA

$S_k = \sqrt{3}\ .U.\ I_k^{(3)} = \sqrt{3}\ .10,5.\ 2,178 = 39,603$ 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 MVA, U_{kCH} = 17,5 %; U_{kCT} = 10,5 %; U_{kTH} = 6,5 %; Công suất ngắn mạch của hệ thống S_{kHT} = 1250 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

$$S_{cb} = 40\ MVA,\ U_{cb}\ 11\ kV,\ I_{cb} = \frac{40}{\sqrt{3}.11} = 2{,}1\ kA$$

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_{HT}	$11^2/1250 = 0{,}097\ \Omega$	$X_{HT*} = S_{cb}/S_k = 40/12500 = 0{,}032$
X_C	$0{,}0107.\ 11^2/40 = 0{,}325\ \Omega$	$X_{C*} = U_{kC} = 0{,}1075$
X_H	$0{,}0675.\ 11^2/40 = 0{,}204\ \Omega$	$X_{H*} = U_{kH} = 0{,}0675$
$X_{\Sigma k}$	$0{,}097+0{,}325+0{,}204 = 0{,}626\ \Omega$	$0{,}032+0{,}1075+0{,}0675 = 0{,}207$
$I_k^{(3)}$	$11/(1.732.0.626) = 10.142$ kA	$I_{cb}/X_{\Sigma k} = 2{,}1/0{,}207 = 10{,}142$ kA
i_{xk}	$2.55.10{,}142 = 25{,}82$ kA	
I_{xk}	$1{,}51.\ 10{,}142 = 15{,}42$ kA	
S_k	$\sqrt{3}\ .\ 11.\ 10{,}142 = 193{,}24$ MVA	

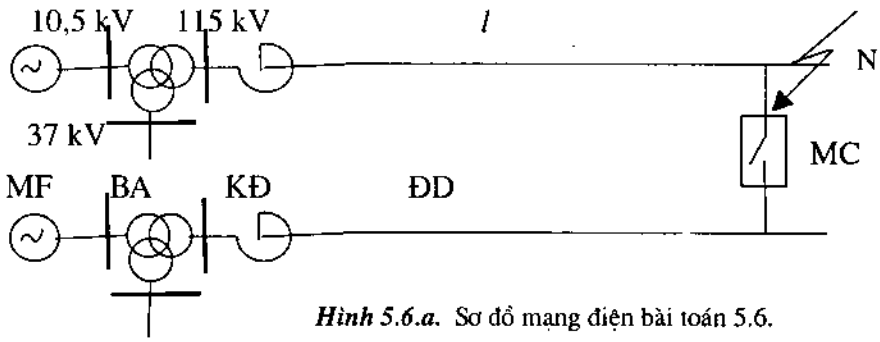
Bài 5.6. Một mạng điện gồm hai mạch giống nhau làm việc song song bởi máy cắt MC; các tham số của các phần tử:

Máy phát có công suất định mức $S_{mP} = 20$ MVA; điện trở siêu quá độ dọc trục $x''_d = 0{,}125$; điện áp định mức $U_{mP} = 10{,}5$ kV; suất điện động trong hệ đơn vị tương đối $E_{mP*} = 1$. Máy biến áp: $S_{nBA} = 10$ MVA; $U_{kCT} = 10{,}5$ %; $U_{kCH} = 17$ %; $U_{kTH} = 6$ %.

Kháng điện: Dòng điện định mức $I_{kd} = 1{,}2$ kA; $U_{kd} = 115$ kV và $x_{kd} = 0{,}1$. Đường dây dài 35 km có $x_0 = 0{,}415\ \Omega$/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:

$$X_{mP} = x''_d \frac{U_{cb}^2}{S_{mP}} = 0,125\frac{115^2}{20} = 82,66\ \Omega$$

$$X_{BH} = \frac{U_{kH}U_{cb}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{6,25.115^2}{100.40} = 82,66\ \Omega$$

$$X_{BC} = \frac{U_{kC}U_{cb}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{10,75.115^2}{100.40} = 142,169\ \Omega$$

X_{BT} không tham gia vào quá trình ngắn mạch nên không cần tính

$$X_{kd} = x_{kd}\frac{U_{nkd}}{\sqrt{3}I_{nkd}} = 0,1\frac{115}{\sqrt{3}.1,2} = 5,53\ \Omega$$

$$X_{dd} = x_0 l\,(\frac{U_{cb}}{U})^2 = 0,415.350(\frac{115}{115})^2 = 14,53\ \Omega$$

a) Khi máy cắt MC mở thì dòng ngắn mạch chỉ chạy trên một mạch

Điện trở tổng

$$X_{\Sigma k} = X_{mP}+X_{BH}+X_{BC}+X_{kd}+Z_{dd} = 82,66 + 142,169 + 82,66 + 5,53 + 14,53 = 327,54\ \Omega$$

Vậy dòng ngắn mạch 3 pha bằng

$$I_k^{(3)} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}.X_{\Sigma k}} = \frac{115}{\sqrt{3}.327,54} = 0,203\ kA$$

$$i_{xk} = k_{xk}\sqrt{2}\ .\ I_k^{(3)} = 1,8.\ \sqrt{2}\ .0,23 = 0,516\ kA$$

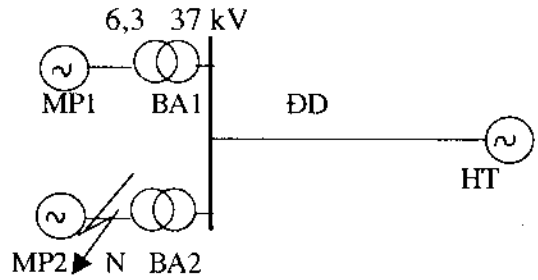
$$I_{xk} = I_k^{(3)}\sqrt{1+2(k_{xk}-1)^2} = 0,203\sqrt{1+2(1,8-1)^2} = 0,308\ kA$$

$$S_k = \sqrt{3}\ .U.\ I_k^{(3)} = \sqrt{3}\ .115.\ 0,203 = 40,38\ MVA$$

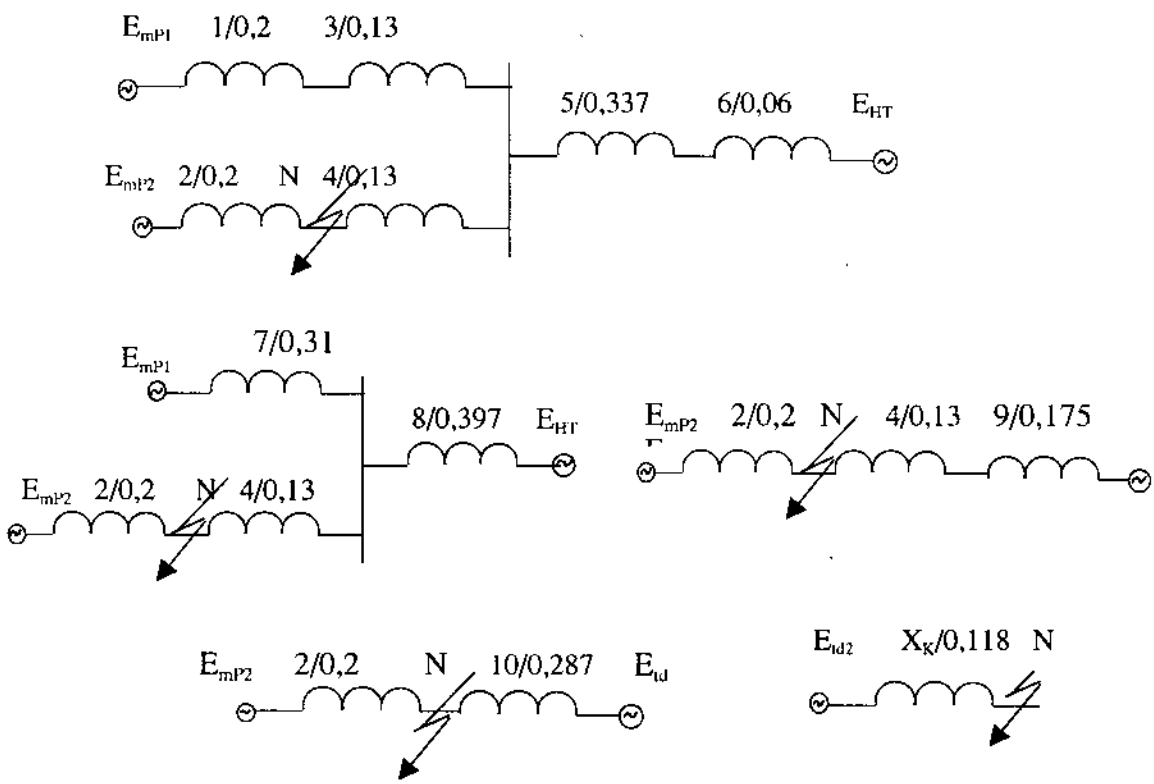
b) Khi máy cắt MC đóng thì dòng ngắn mạch chạy trên hai nhánh song song do đó điện trở ngắn mạch tổng sẽ giảm đi hai lần và dòng ngắn mạch tăng lên từng ấy lần:

$I_k^{(3)} = 0,203.\ 2 = 0,406$ 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 MVA; Máy biến áp 1 và 2 có công suất như nhau: S_{nBa} = 10MVA ; U_k = 7,5 %, các máy phát 1 và 2 có các tham số S_{mP} = 15 MVA, x''_d = 0.20, U_{nMP}= 6,3 kV, sđđ E'' = 6,6 kV, Đường dây 35 kV dài 75 km làm bằng dây AC-95 có và x_0 = 0,4 Ω/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:

$$S_{CB} = 15 \text{ MVA};\ U_{CB} = 6,3 \text{ kV},\ I_{CB} = \frac{S_{CB}}{\sqrt{3}.U_{CB}} = \frac{15}{\sqrt{3}.6,3} = 1,375 \text{ kA}$$

Điện trở của các phần tử:

Máy phát: $X_{mP*} = X_1 = X_2 = x''_d \frac{S_{cb}}{S_{mP}} = 0,2\frac{15}{15} = 0,2$

$g_2 = 1/X_2 = 1/0,2 = 5$

Máy BA: $X_{B*} = X_3 = X_4 = \frac{U_k U_{cb}^2}{100.S_{BA}} = \frac{7,5.15}{100.10} = 0,113$

Đường dây: $X_{d*} = X_5 = x_0.l\ \frac{S_{cb}}{U_d^2} = 0,41.75\frac{15}{37^2} = 0,337$

Hệ thống $X_{HT*} = X_6 = \frac{S_{cb}}{S_K} = 0,06$

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

$$E_{mP*} = \frac{E_{mP}}{U_{cb}} = \frac{6,6}{6,3} = 1,05$$

Sđđ của hệ thống

$$E_{HT*} = \frac{U_{HT}}{U_{cb}}\frac{1}{k_{BA}} = \frac{37}{6,3}.\frac{6,3}{37} = 1$$

Sđđ tương đương

$$E_{td1} = \frac{E_{mP}.g_7 + E_{HT}.g_8}{g_7 + g_8} = \frac{1,05.3,2 + 1.2,52}{3,2 + 2,52} = 1,027$$

$X_9 = X_7//X_8 = 1/(g_7+g_8) = 1/(3,2+2,52) = 0,175$

$X_{10} = X_4 + X_9 = 0,113 + 0,175 = 0,287;$ $g_{10} = 1/X_{10} = 1/0,287 = 3,48$

$$E_{td2} = \frac{E_{mP}.g_2 + E_{td1}.g_{10}}{g_2 + g_{10}} = \frac{1,05.5 + 1,027.3,48}{5 + 3,48} = 1,039$$

$$X_k = \frac{1}{g_2 + g_{10}} = \frac{1}{5 + 3,48} = 0,118;$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha:

$$I_k = I_k^{(3)} = \frac{E_{td2}}{X_k}.I_{cb} = \frac{1,039}{0,118}.1,375 = 12,112 \text{ kA}$$

Dòng xung kích:

$$i_{xk} = 2,55.I_k^{(3)} = 2,55.12,112 = 30,885 \text{ kA}$$

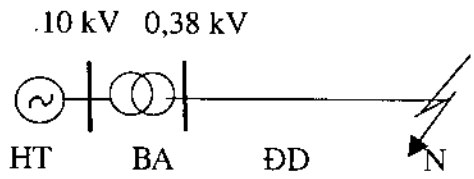
Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích:

$$I_{xk} = 1,52.\ I_k^{(3)} = 1,52\ .\ 12,112 = 18,41 \text{ kA}$$

Công suất ngắn mạch tại điểm N:

$$S_k = \sqrt{3}\ .\ I_k^{(3)}.U = \sqrt{3}.12,112.6,3 = 132,16 \text{ MVA}$$

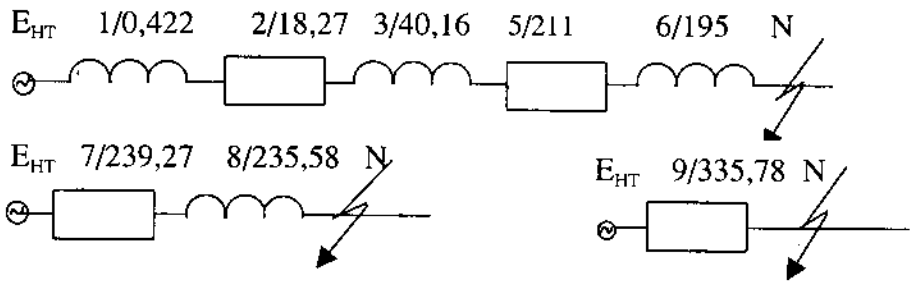
Bài 5. 8: Tính toán ngắn mạch trong mạng điện hạ áp tại điểm N cho trên sơ đồ như hình vẽ. Biết các tham số: Hệ thống có công suất ngắn mạch S_k =342 MVA; Máy biến áp: S_{nBa} = 180 kVA ; U_k = 5,5 %, ΔP_k = 4,1 kW .



Hình 5.8.a. Sơ đồ mạng điện bài toán 5.8.

Đường dây bằng cáp hạ áp dài l = 0,65 km; r_0= 0,34; x_0=0,30 Ω /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 kV:

$$X_1 = X_{Ht} = \frac{U_{cb}^2}{S_k} = \frac{0,38^2}{342} = 0,422.\ 10^{-3}\ \Omega = 0,422\ m\Omega$$

$$Z_B = \frac{U_k U_{cb}^2}{100.S_{BA}} = \frac{5,5.0,38^2}{100.0,18} = 44,12.\ 10^{-3}\ \Omega = 44,12\ m\Omega$$

$$R_2 = R_B = \frac{\Delta P_k U_{cb}^2}{S_{BA}^2} = \frac{4,1.0,38^2}{180^2.10^{-3}} = 18,27.\ 10^{-3}\ \Omega = 18,27\ m\Omega$$

$$X_3 = X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = 10^{-3}\sqrt{44,12^2 - 18,27^2} = 40,16.\ 10^{-3}\ \Omega = 40,16\ m\Omega$$

$$R_5 = R_d = r_0 l = 0,34.0,65 = 211.10^{-3}\ \Omega = 211\ m\Omega$$

$$X_6 = X_d = x_0 l = 0,30.0,65 = 195.10^{-3}\ \Omega = 195\ m\Omega$$

Xác định dòng ngắn mạch 3 pha:

$$R_7 = R_{\Sigma 1} = R_B + R_d = 18,27 + 211 = 239,27\ m\Omega$$

$$X_8 = X_{\Sigma 1} = X_{HT} + X_B + X_d = 0,42 + 40,16 + 195 = 235,58\ m\Omega$$

$$Z_9 = Z_{\Sigma 1} = \sqrt{239,27^2 + 235,58^2} = 335,78\ m\Omega;$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha $I_k^{(3)} = \dfrac{380}{\sqrt{3}.335,78} = 0,653$ kA.

Dòng xung kích: $i_{xk} = k_{xk}\sqrt{2}\ I_k^{(3)} = 1,2.\ \sqrt{2}\ .0,653 = 1,109$ kA

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích $I_{xk} = 1,09.0,653 = 0,712$ kA

Công suất ngắn mạch $S_k = \sqrt{3}\ .380.0,653 = 430$ kVA

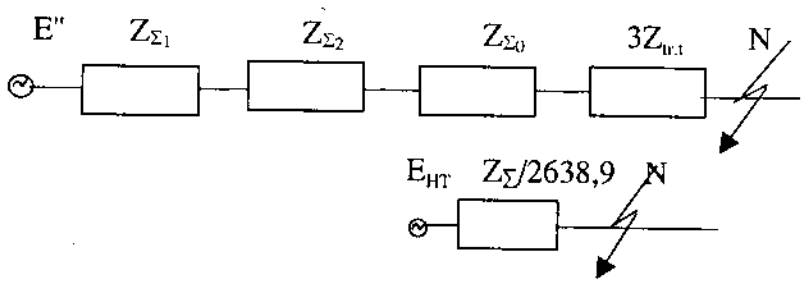
Tính toán dòng ngắn mạch một pha:

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:

- Máy biến áp: $X_{0B} = 1\dfrac{U_{cb}^2}{S_{BA}} = \dfrac{0,38^2}{0,18} = 802,22.10^{-3}\Omega = 802,22\ m\Omega$,

Đường dây: $X_{0d} = 2X_1$.

Điện trở dây trung tính lấy bằng điện trở dây pha, như vậy $X_{tr.t} = 3X_d$



Tổng trở ngắn mạch một pha được xác định như sau:

$$Z_\Sigma = \sqrt{(3R_B + 6R_c)^2 + (3X_{HT} + 2X_B + X_{0B} + 7X_C)^2}$$

$$Z_\Sigma = \sqrt{(3.18,27 + 6.210)^2 + (3.0,42 + 2.40,16 + 802,22 + 7.195)^2} = 2638,9\ m\Omega$$

Dòng ngắn mạch một pha

$$I_k^{(1)} = \frac{3.0,95.380}{\sqrt{3}.2,639} = 236,94\ A.$$

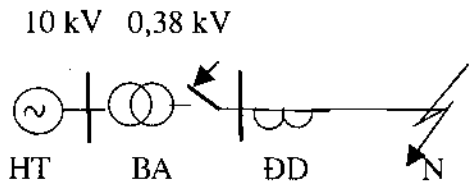
Bài 5. 9. Tính toán ngắn mạch một pha trong mạng điện hạ áp tại điểm N cho trên sơ đồ như hình 5.9.a. Biết các tham số:

- Hệ thống có công suất vô cùng lớn nên có thể bỏ qua điện

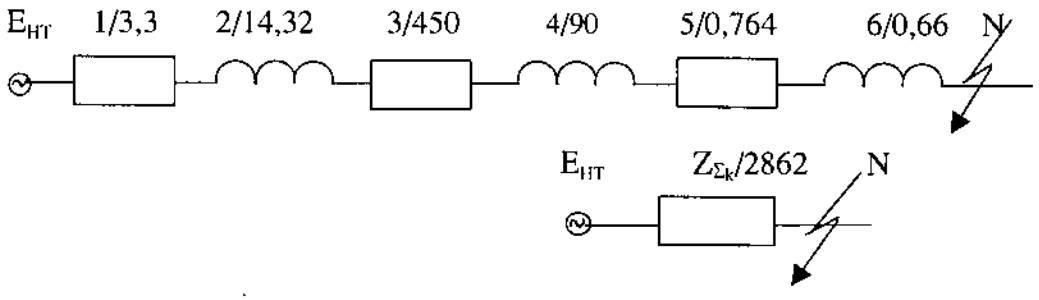
- Máy biến áp TM 560/10:

$S_{nBa} = 560$ kVA $\Delta P_k = 7,2$ kW ; $U_k = 5,7$ %,

Đường dây A25 dài $l = 250$ m; $r_0 = 1,8\ \Omega$/km; $x_0 = 0,368\ \Omega$/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 kV:

Tra bảng 15.pl÷18.pl [1], xác định điện trở tiếp xúc, điện trở của cuộn dây aptomat:

r_{tx} = 0,25 mΩ ; r_{AP} =0,12 mΩ x_{AP}= 0,094 mΩ

Thanh cái: r_{TC} = 0,167 mΩ ; x_{TC}= 0,233 mΩ

Điện trở máy biến áp:

$$Z_B = \frac{U_k U_{cb}^2}{100.S_{BA}} = \frac{5,7.0,38^2}{100.0,56} = 14,7.\ 10^{-3}\ \Omega = 14,7\ m\Omega$$

$$R_1 = R_B = \frac{\Delta P_k U_{cb}^2}{S_{BA}^2} = \frac{7,2.0,38^2}{560^2.10^{-3}} = 3,3.\ 10^{-3}\ \Omega = 3,3\ m\Omega$$

$$X_2 = X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = 10^{-3}\sqrt{14,7^2 - 3,3^2} = 14,32.\ 10^{-3}\Omega = 14,32\ m\Omega$$

Đường dây: $R_3 = R_d = r_0 l$ = 1,8. 0,25. 10^3 = 450 mΩ

$X_4 = X_d = x_0 l$ = 0,363. 0,25.10^3 = 90 mΩ;

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 mΩ;

$X_6 = X_f$ = 0,094 + 0,17 + 1,7.0,233 = 0,66 mΩ;

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 mΩ;

máy biến áp:

$$X_{0B} = 1\frac{U_{cb}^2}{S_{BA}} = \frac{0,38^2}{0,56} = 257,86.10^{-3}\ \Omega = 257,86\ m\Omega,$$

Tổng trở ngắn mạch một pha được xác định như sau:

$$Z_\Sigma = \sqrt{(3R_B + 6R_{dd} + R_f)^2 + (2X_B + X_{0B} + 7X_{dd} + X_f)^2}$$

$$Z_{\Sigma 1} = \sqrt{(3.3,3 + 6.450 + 0,764)^2 + (2.14,32 + 257,86 + 7.90 + 0,66)^2} = 2862\ m\Omega$$

Hay Z_Σ = 2,862 Ω ;

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}=2x60MVA	U_n=6,3 kV	$E_* = 1$	x''_d 0,125
NMĐ2	S_{mp}=2x200MVA	U_n=6,3kV	$E_* = 1$	x''_d 0,13
TBA1	S_{BA}=1x63 MVA	6,3/115kV		U_k =10,5%
TBA2	S_{BA}=2x125 MVA	6,3/115kV		U_k =10,5%
TBA3	S_{BA}=1x10 MVA	115/10,5kV		U_k =10,5%
ĐD 1	l_1 = 86 km	U = 115 kV		x_0 0,4Ω/km
ĐD 2	l_2 = 48 km	U = 115 kV		x_0=0,4Ω/km
KĐ	I_{kd} = 1 kA	U_{kd} = 6,3 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

$$X_{mP1*} = X_1 = X_2 = x''_d \frac{S_{cb}}{S_{mP1}} = 0,125.\frac{100}{60} = 0,208$$

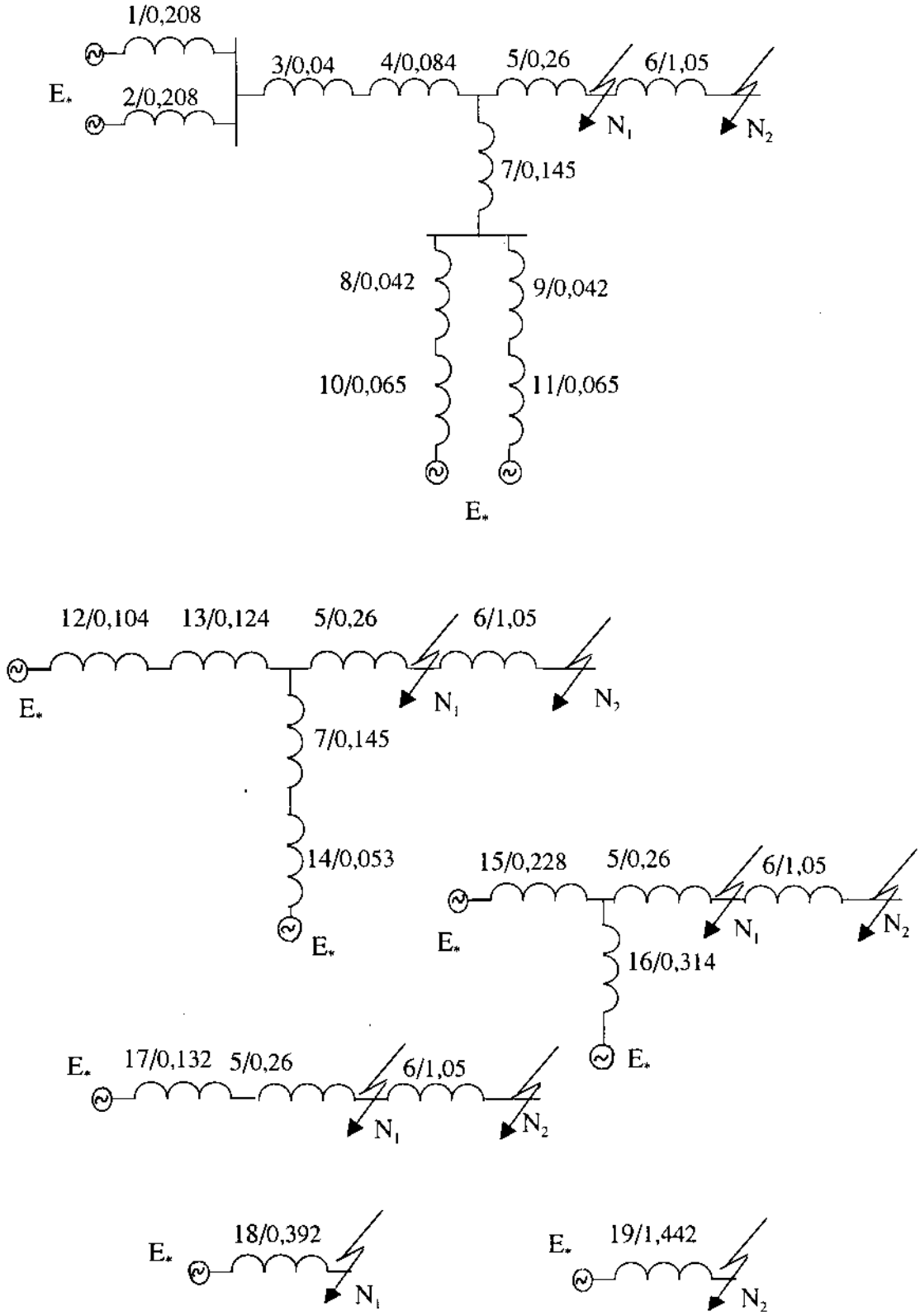
Cuộn kháng điện

$$X_{kd*} = X_3 = x_{kd}\frac{I_{cb}}{I_{kd}} = 0,08.\frac{0,502}{1} = 0,04$$

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.

$$X_{d1*} = X_5 = x_0.l_1 \frac{S_{cb}}{U_{d1}^2} = 0,4.86.\ \frac{100}{115^2} = 0,26$$

Máy biến áp 3

$$X_{ba3*} = X_6 = \frac{U_{k3}S_{cb}}{100.S_{ba3}} = \frac{10,5.100}{100.10} = 1,05$$

Đường dây 2

$$X_{d2*} = X_7 = x_0.l_2 \frac{S_{cb}}{U_{d2}^2} = 0,4.48.\ \frac{100}{115^2} = 0,145$$

Máy biến áp 2

$$X_{ba2*} = X_8 = X_9 = \frac{U_{k3}S_{cb}}{100.S_{ba3}} = \frac{10,5.100}{100.250} = 0,042$$

Máy phát nhà máy điện 2

$$X_{mP2*} = X_{10} = X_{11} = x''_{d2} \frac{S_{cb}}{S_{mP2}} = 0,13.\frac{100}{200} = 0,065$$

Biến đổi sơ đồ

$X_{12} = X_1/2 = 0,104$

$X_{13} = X_3+X_4 = 0,04+0,084= 0,124$

$X_{14} = (X_8+X_{10})/2 = (0,042+0,065)/2= 0,0535$

$X_{15} = X_{12}+X_{13} = 0,104+0,124 = 0,228$

$X_{16} = X_7 + X_{14} = 0,145+ 0,0535 = 0,314$

$$X_{17} = \frac{X_{15}.X_{16}}{X_{15} + X_{16}} = \frac{0,228.0,314}{0,228 + 0,314} = 0,132$$

$X_{18} = X_{k1} = X_{17}+X_5 = 0,132 + 0,26 = 0,392$

$X_{19} = X_{k2} = X_{18} + X_6 = 0,392 + 1,05 = 1,442$

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

$$i_{xk1} = k_{xk1}.\ \sqrt{2}\ .I^{(3)}_k = 1,8.\ \sqrt{2}\ .1,28 = 3,258 \text{ kA}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích

$$I_{xk} = q_{xk1}.I^{(3)}_{k1} = 1,52.1,28 = 1,95 \text{ kA}$$

Công suất ngắn mạch

$$S_{k1} = \sqrt{3}\,.\,I^{(3)}_{k1}.U = \sqrt{3}\,.1,28.115 = 254,94 \text{ MVA};$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N_2

$$I^{(3)}_{k2} = \frac{I_{cb}.U_{cb}}{X_{19}.U_{tb}}. = \frac{0,502.115}{1,442.10,5} = 3,81 \text{ kA}$$

Dòng xung kích

$$i_{xk2} = k_{xk2}.\ \sqrt{2}\,.I^{(3)}_{k2} = 1,8.\ \sqrt{2}\,.3,81 = 9,7 \text{ kA}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích

$$I_{xk2} = q_{xk2}.I^{(3)}_{k2} = 1,52.3,81 = 5,8 \text{ kA}$$

Công suất ngắn mạch

$$S_{k2} = \sqrt{3}\,.\,I^{(3)}_{k2}.U = \sqrt{3}\,.\,3,81.10,5 = 66,336 \text{ MVA}$$

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

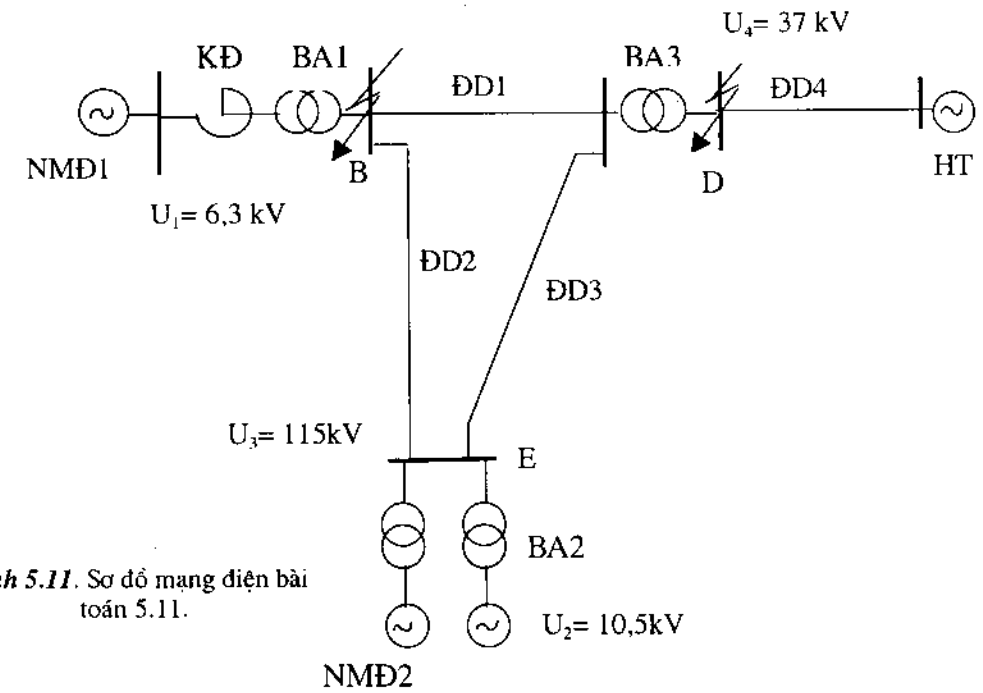
Bài 5. 11. Giải bài tập dài: Tính toán ngắn mạch 3 pha tại các điểm cho trước trên sơ đồ hệ thống điện biểu thị trên hình vẽ. Tên người thực hiện: Hoàng Công Sáng, các tham số của các phần tử mạng điện tra tương ứng theo bảng:

Các tham số của các phần tử được cho trong bảng sau

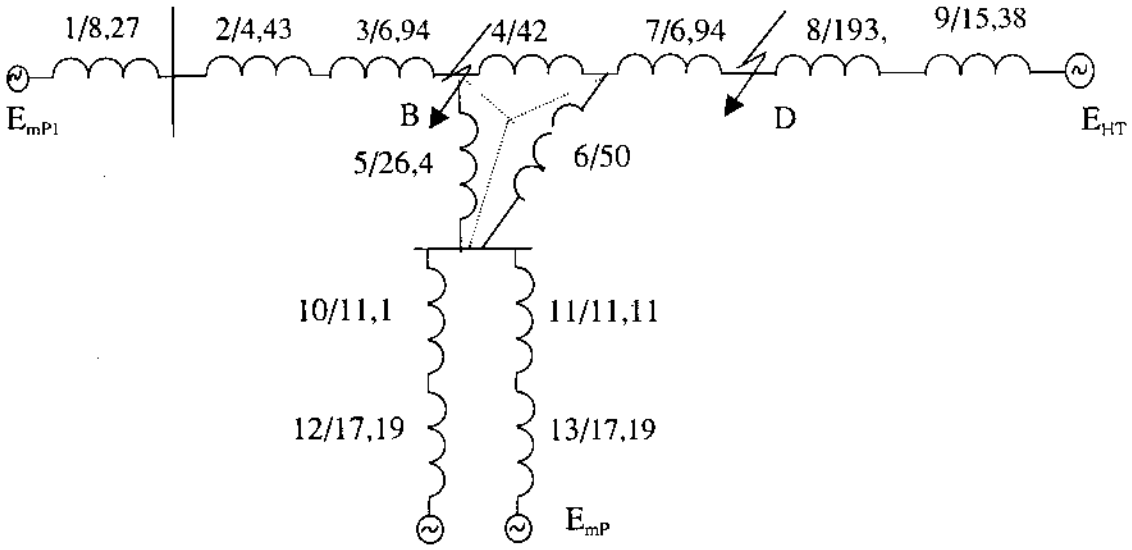
P.tử	Các tham số			
HT	S_k=860 MVA	U = 115 kV		
NMĐ1	S_{mp}=2x200MVA	U_n=6,3 kV	E_* = 1,05	x''_d 0,125
NMĐ2	S_{mp}=2x100MVA	U_n=10,5kV	E_* = 1,1	x''_d 0,13
TBA1	S_{BA}=1x200 MVA	6,3/115kV		U_k =10,5%
TBA2	S_{BA}=2x125 MVA	10,5/115kV		U_k =10,5%
TBA3	S_{BA}=1x200 MVA	115/37kV		U_k =10,5%
ĐD 1	l_1 = 105 km	U = 115 kV		x_0 0,4Ω/km

P.tử	Các tham số			
ĐD 2	l_2 = 66 km	U = 115 kV		x_0=0,4Ω/km
ĐD 3	l_3 = 125 km	U = 115 kV		x_0=0,4Ω/km
ĐD 4	l_4 = 50 km	U = 37 kV		x_0=0,4Ω/km
KĐ	I_{kd} = 1,5 kA	U_{kd} = 6,3 kV		x_{kd}= 0,1

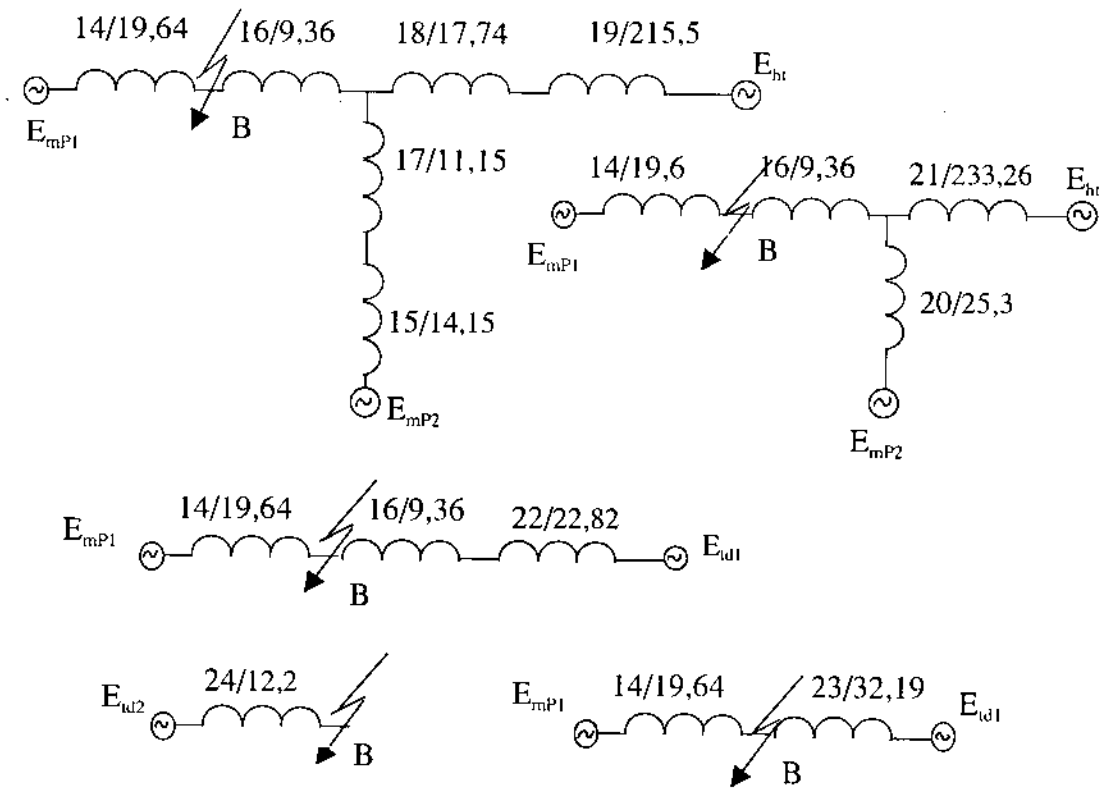
Các điểm ngắn mạch tại B và D



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:

$$S_{cb} = 200 \text{ MVA}; U_{CB} = 115 \text{ kV}; \; I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}.U_{cb}} = \frac{200}{\sqrt{3}.115} = 1{,}004 \text{ kA}$$

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 ***X***	Ký hiệu	Hệ đơn vị có tên	Hệ đơn vị tương đối
MPI	X_1	$x_{d1}'' \frac{U_{cb}^2}{.S_{mp1}} = 0{,}125.\frac{115^2}{200} = 8{,}27\ \Omega$	$x_{d1}'' \frac{S_{cb}}{.S_{mp1}} = 0{,}125.\frac{200}{200} =$ 0,125
KĐ	X_2	$x_{kd}.\frac{U_{kd}}{\sqrt{3}.I_{kd}} = 0{,}1.\frac{115}{\sqrt{3}.1{,}5} = 4{,}43$	$x_{kd}.\frac{I_{cb}}{I_{kd}} = 0{,}1\frac{1{,}004}{1{,}5} = 0{,}067$

Th.số X	Ký hiệu	Hệ đơn vị có tên	Hệ đơn vị tương đối
MBA1	X_3	$\frac{U_k U_{cb}^2}{100.S_{BA1}} = \frac{10,5.115^2}{200} = 6,93$	$\frac{U_k S_{cb}}{100 S_{BA1}} = \frac{10,5.200}{100.200} = 0,105$
ĐD1	X_4	$x_{01}.l_1 (\frac{U_{cb}}{U_{d1}})^2 = 0,4.105 (\frac{115}{115})^2 = 42$	$X_{01}.l_1 \frac{S_{cb}}{U_{d1}^2} = 0,4.105.\frac{200}{115^2} = 0,635$
ĐD2	X_5	$x_{02}.l_2 (\frac{U_{cb}}{U_{d2}})^2 = 0,4.66 (\frac{115}{115})^2 = 26,4$	$X_{02}.l_2 \frac{S_{cb}}{U_{d2}^2} = 0,4.66.\frac{200}{115^2} = 0,4$
ĐD3	X_6	$x_{03}.l_3 (\frac{U_{cb}}{U_{d3}})^2 = 0,4.125 (\frac{115}{115})^2 = 50$	$X_{03}.l_3 \frac{S_{cb}}{U_{d3}^2} = 0,4.125.\frac{200}{115^2} = 0,756$
BA 3	X_7	$\frac{U_k U_{cb}^2}{100.S_{BA3}} = \frac{10,5.115^2}{200} = 6,931$	$\frac{U_k S_{cb}}{100 S_{BA3}} = \frac{10,5.200}{100.200} = 0,105$
ĐD4	X_8	$x_{04}.l_4 (\frac{U_{cb}}{U_{d4}})^2 = 0,4.50 (\frac{115}{37})^2 = 193,21$	$X_{04}.l_4 \frac{S_{cb}}{U_{d4}^2} = 0,4.50.\frac{200}{37^2} = 2,922$
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}	$\frac{U_k U_{cb}^2}{100.S_{BA2}} = \frac{10,5.115^2}{125} = 11,11$	$\frac{U_k S_{cb}}{100 S_{BA2}} = \frac{10,5.200}{100.125} = 0,168$
MP 2	X_{12}; X_{13}	$x_{d2}'' \frac{U_{cb}^2}{S_{mp2}} = 0,13.\frac{115^2}{100} = 17,192$	$x_{d2}'' \frac{S_{cb}}{S_{mp2}} = 0,13.\frac{200}{100} = 0,26$

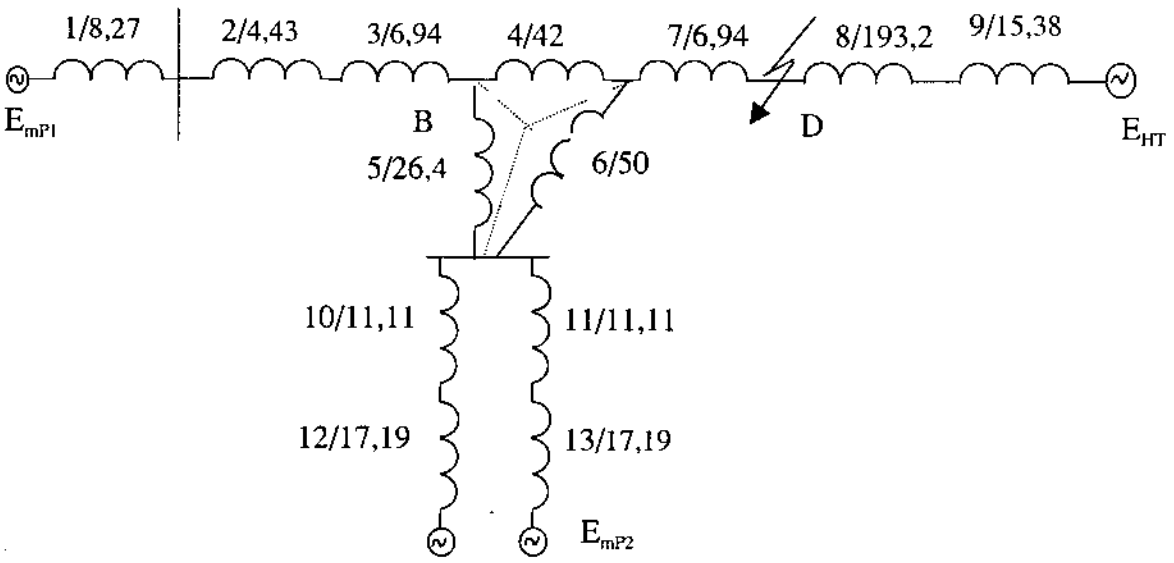
Tính toán ngắn mạch tại điểm B

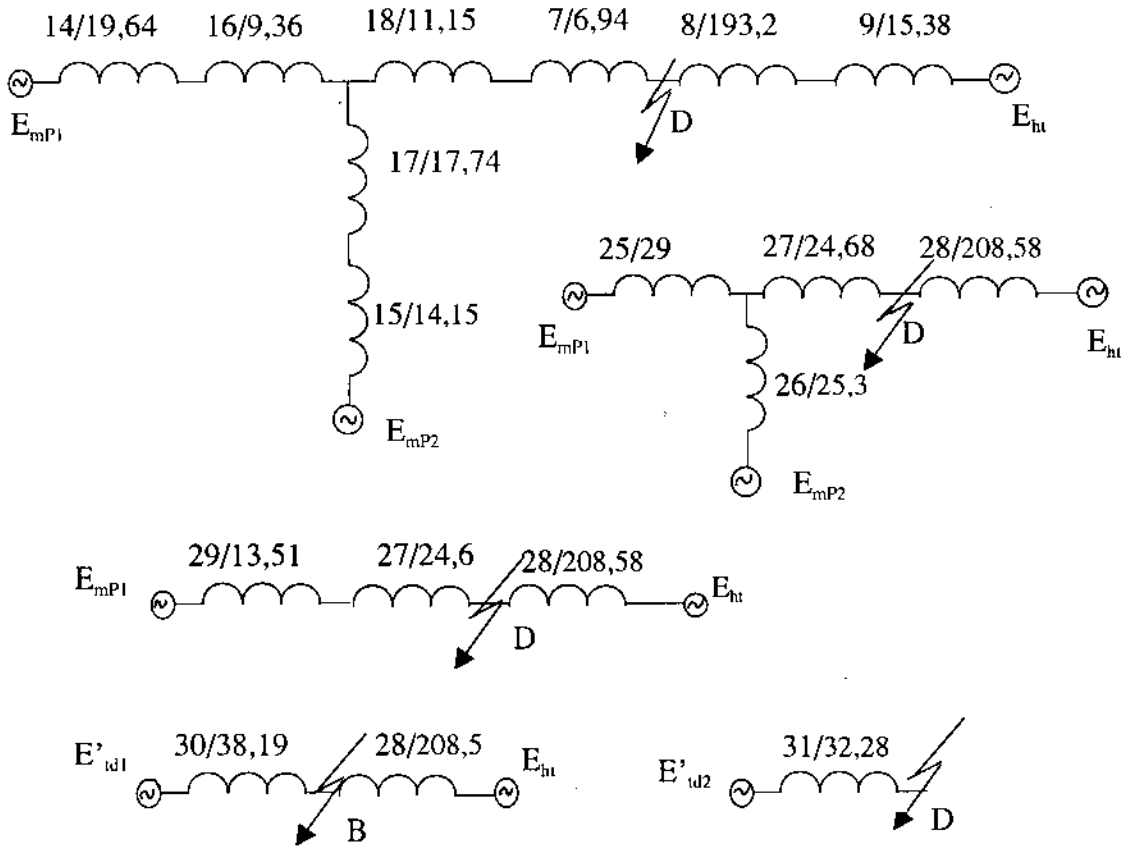
Biến đổi sơ đồ

$X_{14} = X_1 + X_2 + X_3$	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
$X_{16} = (X_4.X_5)/(X_4+X_5+X_6)$	42.26/ (42+26+50) = 9,36	0,635.0,4/(0,635+0,4+0,756)=0,142
$X_{17} = (X_5.X_6)/(X_4+X_5+X_6)$	26.50/ (42+26+50) = 11,15	0,4. 0,756/(0,635+0,4+0,756)= 0,17
$X_{18} = (X_4.X_6)/(X_4+X_5+X_6)$	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
$X_{22} = X_{20} * X_{21}/(X_{20}+X_{21})$	25,3.233,26/(25,3+233,26) = 22,82	0,383*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
$E_{mP1}= E_{mP1*}.\ U_{CB}/\sqrt{3}$	1,05. 115/$\sqrt{3}$ = 69,72	1,05
$E_{mP2}= E_{mP2*}.\ U_{CB}/\sqrt{3}$	1,03 . 115/$\sqrt{3}$ = 68,39	1,03
$E_{ht} = U_{CB}/\sqrt{3}$	115/$\sqrt{3}$ = 66,39	1
$E_{td1} = \dfrac{E_{mP2}.g_{20} + E_{ht}.g_{21}}{g_{20} + g_{21}}$	$\dfrac{68,39.0,04 + 66,39.0,0043}{0,04 + 0,0043} = 68,19$	$\dfrac{1,03.2,61 + 1.0,283}{2,61 + 0,283} = 1,027$
$g_{14} = 1/X_{14}$	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
$E_{td2} = \dfrac{E_{mP1}.g_{14} + E_{td1}.g_{23}}{g_{14} + g_{23}}$	$\dfrac{69,72.0,051 + 68,19.0,031}{0,051 + 0,031} = 69,14$	$\dfrac{1,05.3,37 + 1,027.2,054}{3,37 + 2,054} = 1,04$
Dòng ngắn mạch: $I_{kB}^{(3)}$, kA	$\dfrac{E_{td2}}{X_{kB}} = \dfrac{69,14}{12,2} = 5,67$	$\dfrac{E_{td2*}}{X_{kB*}}.I_{CB} = \dfrac{1,04}{0,184}.1,004 = 5,67$
Dòng xung kích: i_{xkB}	$\sqrt{2}.k_{xk1}.\ I_{kB}^{(3)} = \sqrt{2}.1,8.\ 5,67 = 14,43$ kA	
Giá trị hiệu dụng dòng xung kích: I_{xk1}	$q_{xk}.\ I_{kB}^{(3)} = 1,52.\ 5,67 = 8,62$ kA	
C.suất ngắn mạch: S_{kB}	$\sqrt{3}$ U. $I_{kB}^{(3)} = \sqrt{3}.115.\ 5,67 = 1129,2$ 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
$\mathbf{X_{KD}}= X_{31} = X_{28}*X_{30}/(X_{28}+X_{30})$	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

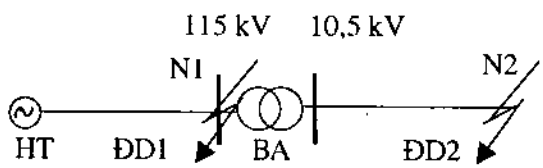
Bảng VD.5.11.b (tiếp theo)

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
$E'_{td1} = \frac{E_{mP1}.g_{25} + E_{mP2}.g_{26}}{g_{25} + g_{26}}$	$\frac{69.0,026 + 66.39.0,005}{0,026 + 0,005} = 68,6$	$\frac{1,039.1,73 + 1.0,32}{1,73 + 0,32} = 1,033$
$E'_{td2} = \frac{E_{td1}.g_{30} + E_{ht}.g_{28}}{g_{30} + g_{28}}$	$\frac{69.0,026 + 66.39.0,005}{0,026 + 0,005} = 68,6$	$\frac{1,039.1,73 + 1.0,32}{1,73 + 0,32} = 1,033$
Dòng ngắn mạch: $I_{kD}^{(3)}$, kA	$\frac{E'_{td2}}{X_{kD}} = \frac{68,6}{32,28} = 2,125$;	$\frac{E'_{td2*}}{X_{kD*}}.I_{CB} = \frac{1,033}{0,488}.1,004 = 2,125$
Dòng xung kích: i_{xkD}	$\sqrt{2}.k_{xkD}.I_{kD}^{(3)} = \sqrt{2}.1,8.2,125 = 5,41$ kA	
Giá trị hiệu dụng dòng xung kích: I_{xkD}	$q_{xk}.I_{kD}^{(3)} = 1,52.2,125 = 3,23$ kA	
Công suất ngắn mạch: S_{kD}	$\sqrt{3}U.I_{kD}^{(3)} = \sqrt{3}.115.2,125 = 423,3$ MVA	

3. BÀI TẬP

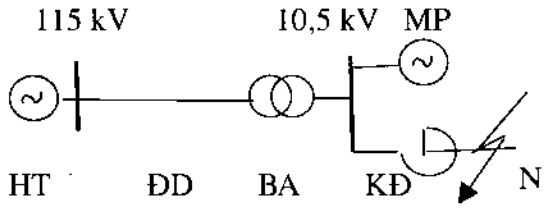
5.1. Tính toán ngắn mạch 3 pha tại điểm N_1 và N_2 trên sơ đồ mạng điện (như hình vẽ) được cung cấp từ hệ thống có điện áp không đổi là 115 kV và công suất ngắn mạch là 950 MVA, đường dây cung cấp ĐD1 dài 65 km, được làm bằng dây AC-120, đường dây phân phối dài 4 km bằng dây AC-70, máy biến áp mã hiệu 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 (r_0 =0,12 và x_0 = 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_{nkd} = 6,3 kV, I_{nkd} = 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.

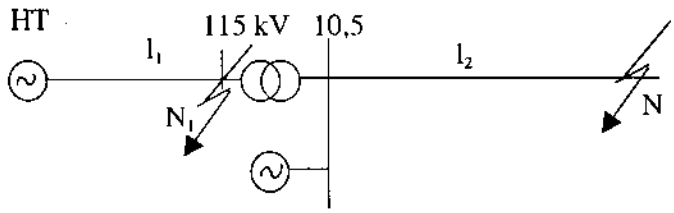
Hình 5.13. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.2.



5. 3. Hãy tính toán ngắn mạch ba pha tại điểm N_1 và N_2 trong mạng điện cho trên sơ đồ (hình5.14.a). Các tham số của các phần tử] được cho trong bảng sau

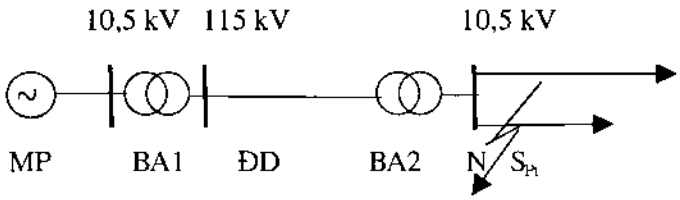
P.tử	Các tham số				
HT		U = 115 kV	S_k=860 MVA		
BA	TMTH25/110	115/6,3 kV	S_{BA}=25MVA	U_k =10,5%	
MP		E_{mp}=6,5 kV	S_{mp}=30 MVA	x''$_d$ 0,125	U_{nmp}=10,5 kV
ĐD 1	AC-150	U = 115 kV	l_1 = 130 km	r_{01}=0,21Ω/km	x_{01} =0,41Ω/km
ĐD 2	AC- 95	U_2 = 6,3kV	l_2 = 4,2km	r_{02}=0,34Ω/km	x_{02}=0,37Ω/km

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 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_{nP} = 10,5 kV;

Máy tăng áp 10,5/115 kV có công suất định mức S_{BA1} = 25 MVA, điện áp ngắn mạch U_{k1} = 10,5 %, máy giảm áp 115/10,5 kV có công suất định mức S_{BA2} = 10 MVA, U_{k2} = 10,5 %; Đường dây 35 kV



Hình 5.15. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.4.

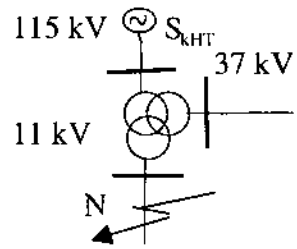
dài 82 km làm bằng dây AC-150 có điện trở $r_0 = 0,21$ và $x_0 = 0,41\ \Omega/km$; Phụ tải mắc trên thanh cái 10,5 kV của trạm biến áp có giá trị $S_{Pt} = 7,6$ MVA, $\cos\varphi = 0,82$.

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 $S_{nBA} = 10$ MVA,

$U_{kCH} = 17$ %; $U_{kCT} = 10,5$ %; $U_{kTH} = 6$ %; Công suất ngắn mạch của hệ thống $S_{kHT} = 950$ 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 $S_{mP} = 30$ MVA; điện trở siêu quá độ dọc trục $x''_d = 0,132$; điện áp định mức $U_{mP} = 10,5$ 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} =25MVA; U_{kCT} = 10,5 %; U_{kCH} = 17,5 %; U_{kTH} = 6,6 %.

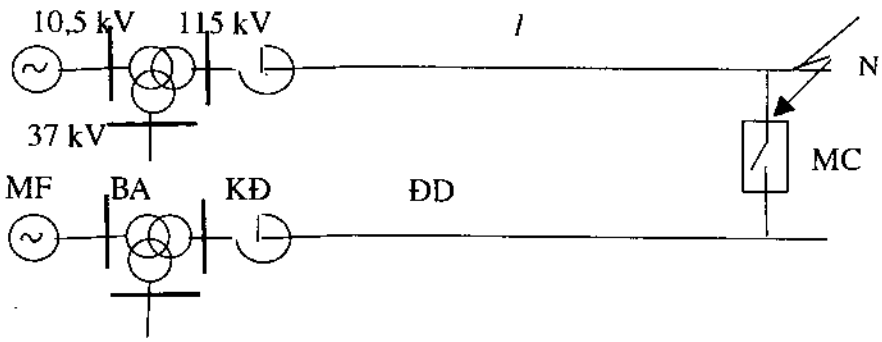
Kháng điện: Dòng điện định mức $I_{kd} = 1,3$ kA; $U_{kd} = 115$ kV và $x_{kd} = 0,08$.

Đường dây AC-150 dài 68 km có $r_0 = 0,21$ $x_0 = 0,41\ \Omega/km$.

Hãy xác định dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N trong hai trường hợp:

a) khi máy cắt MC mở;

b) khi máy cắt MC đóng

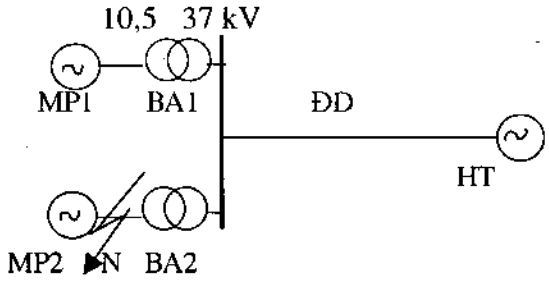


Hình 5.17. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.6.

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 MVA; Máy biến áp 1 và 2 có công suất như

nhau: S_{nBa} = 7,5MVA ; U_k = 7,5 %, các máy phát 1 và 2 có các tham số S_{mP} = 10 MVA, x''_d = 0.25, U_{nMP}= 10,5 kV, sđđ E'' = 11 kV, Đường dây 35 kV dài 38 km làm bằng dây AC-95 có x_0 = 0,4 Ω/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 thuỷ điện có 2 máy phát giống nhau 1 và 2 với các tham số P_{mP} = 1000 kW, cosφ = 0,8, x''_d=0.25, U_{nMP}= 6,3 kV; Trạm biến áp 6,3/10,5 kV 2 máy có công suất như nhau: S_{nBa} = 1600kVA; U_k = 5,5 %; Máy biến áp trung gian BA3 110/10,5 kV, có S_{BA3} = 6,3 MVA, U_{k3} = 10,5 %; Các đường dây 10 kV dài 8 km và đường dây 110 kV dài 50 km có x_0 = 0,4 Ω/km.

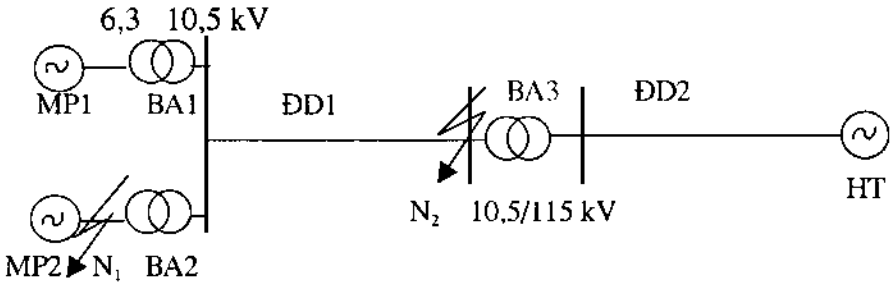


Hình 5.18. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.7.

Hãy xác định giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm N_1 và N_2 khi:

a) Nhà máy điện làm việc độc lập với hệ thống;

b) Nhà máy điện làm việc song song với hệ thống.



Hình 5.19. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.8.

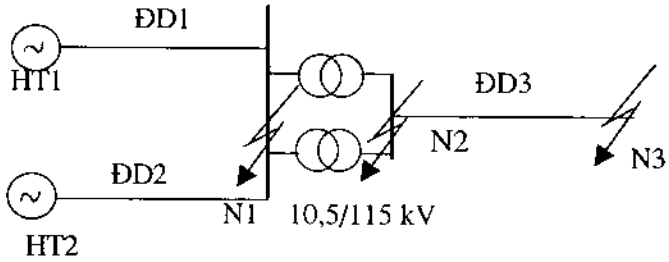
5.9. Một hệ thống điện có sơ đồ cho trên hình 5.20. Biết các tham số:

Hệ thống có công suất ngắn mạch S_k = 800MVA; Hệ thống 2 có dòng ngắn mạch 3 pha tại thanh cái là $I_k^{(3)}$ = 3,5 kA Trạm biến áp 6,3/10,5 kV 2 máy có công suất như nhau: S_{nBa} = 1600kVA; U_k = 5,5 %, Máy biến áp trung gian BA3 110/11 kV, có S_{BA3} = 6,3 MVA, U_{k3} = 10,5 %; Các đường dây ĐD1 dài 50 km làm bằng dây AC-95 (r_0=0,34 và x_0 = 0,4 Ω/km) đường dây ĐD2 dài 30 km làm bằng dây AC-70 có r_0=0,34 và x_0 = 0,4 Ω/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.

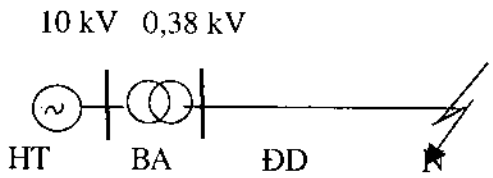
5. 10. Tính toán ngắn mạch trong mạng điện hạ áp tại điểm N cho trên sơ đồ như hình vẽ 5.21. Biết các tham số: Hệ thống có công suất ngắn mạch S_k =250 MVA; Máy biến áp: S_{nBa} = 320 kVA ; U_k= 5,5 %, ΔP_k = 6,2 kW; Đường dây bằng cáp hạ áp dài l = 430 m; r_0= 0,46; x_0=0,31 Ω /km;



Hình 5.20. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.9.

Bỏ qua điện trở của các thiết bị phụ.

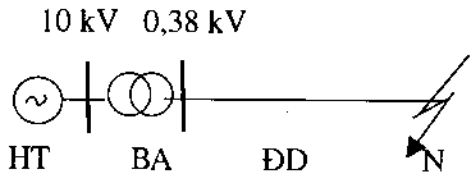
5. 11. Tính toán ngắn mạch trong mạng điện hạ áp tại điểm N cho trên sơ đồ như hình vẽ 5.22. Biết các tham số: Hệ thống có công suất vô cùng lớn S_{Ht} =∝ , Máy biến áp: S_{nBa} = 560 kVA ; U_k= 5,5 %, ΔP_k = 9,4 kW ; Đường dây bằng cáp hạ áp dài l = 460 m; r_0= 0,27; x_0=0,30 Ω /km.



Hình 5.21. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.10.

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 kVA; ΔP_k = 6,2 kW ;

U_k = 5,5 %,

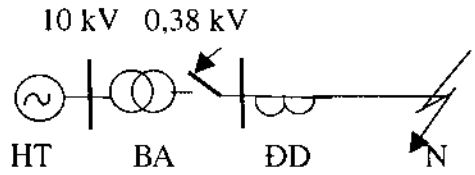
Đường dây A-70 dài l = 440 m; r_0 = 0,46 Ω/km; x_0 = 0,31 Ω/km;

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 TKϕ 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 chữ cái của ***họ*** sẽ có số liệu của các phần tử NMĐ1, 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***: NMĐ2, 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:



Hình 5.23. Sơ đồ tính toán ngắn mạch bài tập 5.12.

- Máy phát: S_{mP} – công suất định mức của máy phát (MVA), E_* – sđđ 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;

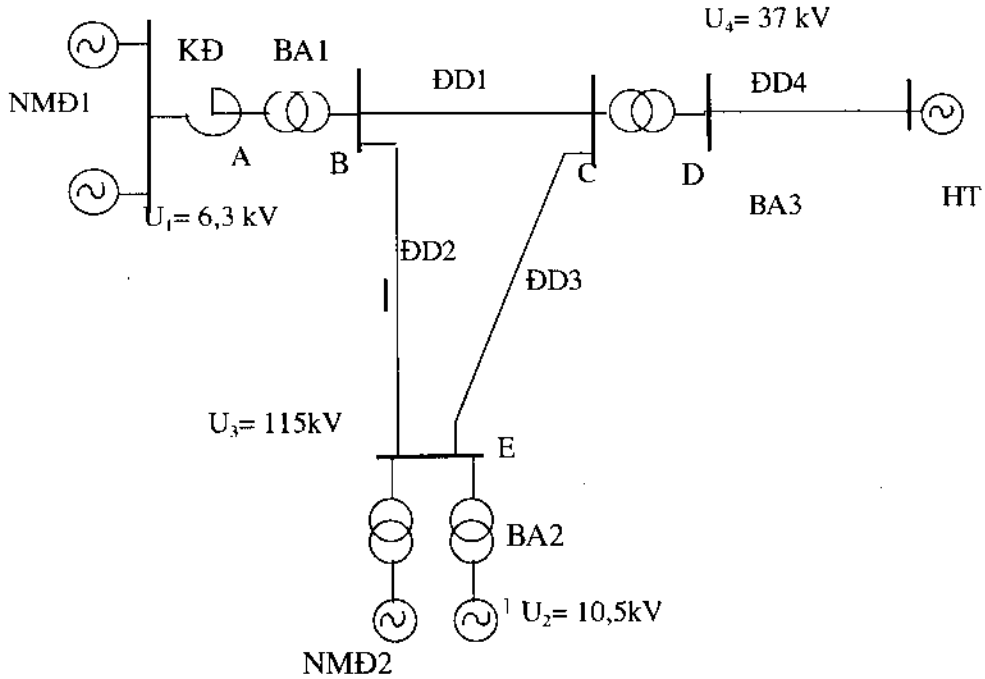
- Máy biến áp: S_{BA} – công suất định mức của máy biến áp (MVA), các máy biến áp có điện áp ngắn mạch U_k=10,5%, số lượng máy biến áp lấy bằng số lượng máy phát;

- 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 Ω/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

Họ											
Tên đệm											
Chữ cái	Nhà máy điện				Tên						
					TBA	ĐD	ĐNM	Kháng điện		HT	ĐD
	$S_{mđ}$,	x''_d	E_*	$n_{mđ}$,	S_{BA}	l	N_k	$I_{kđ}$	$x_{kđ}$	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
Ă	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: $I_{LV} \le I_{cP}$. (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

$$I_{lvM}^{hc} = \frac{I_{lv}}{k_\theta}, \qquad (6.2)$$

trong đó: k_θ – hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ

$$k_\theta = \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta_{ott}}{\theta_{cp} - \theta_{otc}}}, \qquad (6.3)$$

ở đây: θ_{cp}- nhiệt độ cho phép lớn nhất đối với thiết bị;

θ_{otc}- nhiệt độ môi trường tiêu chuẩn;

θ_{ott}- 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:

$$F = \frac{I^{hc}_{lvM}}{j_{kt}}, \text{ mm}^2, \qquad (6.4)$$

j_{kt} – mật độ dòng điện kinh tế, A/mm^2.

Điện áp định mức của thiết bị (U_n) phải không nhỏ hơn giá trị điện áp của mạng điện

$$U_n \geq U \qquad (6.5)$$

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

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_N}}{C_t} = \frac{I_k^{(3)}\sqrt{t_k}}{C_t} \qquad (6.6)$$

trong đó : $I_k^{(3)}$ - giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha lớn nhất đi qua thiết bị với C_t là hệ số phụ thuộc vào tính chất của vật liệu dẫn điện, cho trong các sổ tay thiết kế

$$B_k = \int_{t=0}^{tk} i_k^2 dt = (I_k^{(3)})^2 t_k \qquad (6.7)$$

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

$$I_{ôd} \geq I_k^{(3)} \sqrt{\frac{t_k}{t_{ôd}}} \qquad (6.8)$$

trong đó: $I_{ôd}$ - dòng ổn định nhiệt của máy cắt ứng với thời gian ổn định $t_{ôd}$ 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

$$i_{th} \geq i_{xk}$$

$$I_{th} \geq I_{xk}; \qquad (6.9)$$

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}

$$\sigma_{tt} = \frac{M}{W} \qquad (6.10)$$

trong đó : M - momen uốn:

$$M = 1{,}76.10^{-8}.\frac{l^2 i_{xk}^2}{10.a} \text{,kG.cm,} \qquad (6.11)$$

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: $W = 0,167b^2h$ 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:

$$F_{tc} \geq \frac{I^{hc}_{lvM}}{j_{kt}} \qquad (6.12)$$

Kiểm tra ổn định nhiệt: $$F_{min} = \frac{I_k^{(3)}\sqrt{t_k}}{C_t} \leq F_{tc} \qquad (6.13)$$

Kiểm tra ổn định động: $$\sigma_{tt} = \frac{M}{W} \leq \sigma_{cp}. \qquad (6.14)$$

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 nhiết: Dòng ổn định nhiệt của sứ lớn hơn dòng ngắn mạch $I_{ổđN} \geq I_k$.

Kiểm tra ổn định động: Lực cho phép của sứ lớn hơn giá trị tính toán $F_{cP} \geq kF_{tt}$

$$F_{cP} = 0,6\, F_{phá} \qquad (6.15)$$

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

$$F_{tt} = 1,76.10^{-8} l \frac{i_{xk}^2}{a}, \text{kG} \qquad (6.16)$$

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. Cáp điện lực

Cấp điện áp: $U_{Cáp} \geq U$

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:

$$F_C \geq \frac{I_{lv.M}^{hc}}{j_{kt}}$$

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

$$I_{lvM}^{hc} = \frac{I_{lvM}}{k_\theta . k_n}; \qquad (6.17)$$

trong đó: $I_{lv.M}$ – dòng điện làm việc cực đại;

$F_{cáp}$ 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: $F_{min} = \frac{I_k^{(3)}\sqrt{t_k}}{C_t}$

Chọn máy cắt, máy cắt phụ tải và dao cách ly

a. Máy cắt

- Điện áp định mức $U_{nMC} \geq U_{mạng}$

- Dòng điện định mức $I_{nMC} \geq I_{lvM}^{hc}$

- Kiểm tra chế độ ổn định nhiệt khi ngắn mạch chỉ áp dụng cho máy cắt có dòng định mức nhỏ hơn 1000 A

$$I_{ôd} \geq I_k^{(3)}\sqrt{\frac{t_k}{t_{ôd}}} \qquad (6.18)$$

- Kiểm tra chế độ ổn định động

$$i_{Mc} \geq I_{xk} \qquad (6.19)$$

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:

$$S_{Cắt} \geq S_k^{(3)} \quad \text{hoặc} \quad I_{cắt} \geq I_k^{(3)};$$

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 $U_{nBI} \geq U$

- Dòng điện định mức phía sơ cấp $I_{nBI} \geq I_{lvM}^{lnc}$

- Cấp chính xác: chọn phù hợp với các yêu cầu của dụng cụ nối vào máy thứ cấp.

- Phụ tải thứ cấp Z_{2nBI}.

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

$$Z_{2nBI} \geq Z_2 = Z_{\Sigma pt} + r_d \qquad (6.20)$$

trong đó $Z_{\Sigma pt}$ - 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:

$$Z_{2nBI} - Z_{\Sigma pt} = \frac{\rho . l_{tt}}{F_d} \qquad (6.21)$$

Suy ra tiết diện F_d của dây dẫn:

$$F_d = \frac{\rho . l_{tt}}{\gamma r_d} \qquad (6.22)$$

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 $l_{tt} = l$;

Sơ đồ dùng 2 biến dòng trên hai pha $l_{tt} = \sqrt{3} . l$;

Sơ đồ dùng 1 biến dòng trên một pha $l_{tt} = 2.l$.

- Kiểm tra ổn định động $I_{ôdBI} \geq I_{xk}$

Riêng đối với biến dòng kiêm sứ đỡ, điều kiện ổn định động là:

$$F_{cp} \geq F_{tt} = 0,88.10^{-8} i_{xk}^2 \frac{l}{a} \qquad (6.23)$$

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

$$I_{ôdnh.BI} \geq I_k^{(3)} \sqrt{\frac{t_k}{t_{qd}}} \qquad (6.24)$$

b. Máy biến điện áp BU

- Điện áp định mức của biến điện áp phải phù hợp với điện áp của mạng: $U_{nBU} \geq U$.

- Cấp chính xác chọn phù hợp với nhiệm vụ của máy biến áp.

- Công suất định mức. $S_2 \leq S_{nBU}$;

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: $U_{n.kd} \geq U$

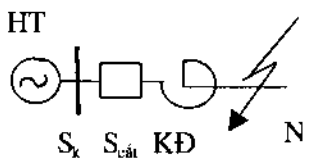
Dòng định mức: $I_{n.kd} \geq I_{lv.M}$

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 $S_{cắt}$

Giá trị điện trở của cuộn kháng điện trong hệ đơn vị cơ bản:

$$X_{kd*} = X_{ht.2} - X_{ht.1}$$

$$X_{ht1*} = \frac{S_{cb}}{S_k}; \; X_{ht2*} = \frac{S_{cb}}{S_{cat}}$$



S_{cb} – công suất được chọn làm đại lượng cơ bản.

S_k; $S_{cắt}$ – 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

$$X_{kd} = X_{kd.tt} \cdot \frac{S_{kd}}{S_{cb}} \left(\frac{U_{cb}}{U_{nkd}}\right)^2 \qquad (6.25)$$

Chọn X_{nkd} theo giá trị gần nhất cho trong catalogue

Trong hệ đơn vị tương đối cơ bản

$$X_{kd*} = X_{kdc} \frac{S_{cb}}{S_{kd}} \left(\frac{U_{n.kd}}{U_{cb}}\right)^2 \qquad (6.26)$$

Dòng ngắn mạch sau cuộn kháng điện

$$I_k = \frac{I_{cb}}{X_{htl*} + X_{kd*}} \qquad (6.27)$$

Giá trị điện áp dư trên cuộn kháng điện khi có ngắn mạch không được nhỏ hơn 65%

$$U\%_d = X_{kdc} \cdot \frac{I_{cb}}{I_{nkd}} .100 \geq 65\% \qquad (6.28)$$

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

$$I_{dc} = \frac{I_{mm}}{\alpha_m}, \qquad (6.29)$$

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:

$$I_{kd} \geq \quad I_{dc} = k_{dt} \sum_{1}^{n} I_n ; \qquad (6.30)$$

$$I_{kd} \geq \quad I_{dc} = \frac{I_{mmMax}}{\alpha_m} + k_{dt} \sum_{1}^{n-1} I_n , \qquad (6.31)$$

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:

$$I_{kd} \geq I_{dc} = 1,2\, I_n \sqrt{\varepsilon_n}\ , \qquad (6.32)$$

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 phần tử nhiệt aptomat cũng được chọn giống như đối với cầu chảy Dòng khởi động cắt nhanh của cuộn điện từ của aptômat phải thoả mãn điều kiện

$$I_{kdCN} \geq (1,25 \div 1,5)\, I_{mm} \qquad (6.33)$$

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:

$$k_{ld} I_{cP} \geq k_{bv} I_{kd}\ , \qquad (6.34)$$

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, giá trị biết 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 ^{0}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 ^{0}C thì nhiệt độ đốt nóng cho phép là 70 ^{0}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 A/mm^2, do đó tiết diện của thanh cái được xác định

$$F_c = \frac{I_{lvM}}{j_{kt}} = \frac{317,58}{1,1} = 288,95 \text{ mm}^2$$

Chọn thanh cái nhôm kích thước 50x6 = 300 mm^2; chiều dài mỗi nhịp 1,4 m, khoảng cách giữa các pha a = 0,60 m.

Theo bảng 8.pl.BT ta tra được giá trị hệ số C_t = 88.

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt

$$F_{Tc.min} = I_k^{(3)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_t} = 9,75.\frac{\sqrt{0,35}}{88} 10^3 = 64,34 < 300 \text{ mm}^2$$

Vậy điều kiện ổn định nhiệt rất đảm bảo.

Kiểm tra điều kiện ổn định động:

Momen uốn:

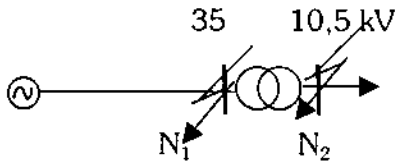
$$M = 1,76.10^{-8}.\frac{l^2 i_{ixk}^2}{10.a} = 1,76.10^{-8}.\frac{140^2.24400^2}{10.60} = 14,03 \text{ kG,cm;}$$

Momen chống uốn: $W = 0,167b^2h = 0,167.0,6^2.5 = 0,3$ cm^3

ứng suất: $\sigma_{tt} = \frac{M}{W} = \frac{16,1}{0,3} = 46,67$ kG/cm^2 < σ_{cP} = 700 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 ^{0}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 ^{0}C) thì nhiệt độ đốt nóng cho phép là 70 ^{0}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

$$k_{hc} = \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta_{ott}}{\theta_{cp} - \theta_{otc}}} = \sqrt{\frac{70-28}{70-25}} = 0,966$$

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_{kt} = 1,1 A/mm^2, 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 $C_t = 88$.

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt

$$F_{Tc.min} = I_k^{(3)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_t} = 1,75.\frac{\sqrt{0,65}}{88} 10^3 = 16,28 < 35 \text{ mm}^2$$

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 50x5 = 250 mm^2; chiều dài mỗi nhịp 1,4 m, khoảng cách giữa các pha a = 0,60 m.

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt

$$F_{Tc.min} = I_k^{(3)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_t} = 5,32.\frac{\sqrt{1,25}}{88} 10^3 = 67,59 < 250 \text{ mm}^2$$

Kiểm tra điều kiện ổn định động:

Momen uốn:

$$M = 1,76.10^{-8}.\frac{l^2 i_{ixk}^2}{10.a} = 1,76.10^{-8}.\frac{150^2.13570^2}{10.60} = 121,46 \text{ kG,cm}$$

Momen chống uốn: $W = 0,167b^2h = 0,167.0,5^2.\ 5 = 0,301 \text{ cm}^3$

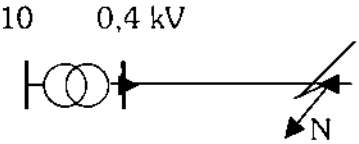
ứng suất: $\sigma_{tt} = \frac{M}{W} = \frac{121,46}{0,301} = 404,07 \text{ kG/cm}^2 < \sigma_{cP} = 700 \text{ kG/cm}^2$. (bảng 11.pl.BT)

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 kVA, cosφ = 0,8; thời gian sử dụng công suất cực đại T_M= 4500 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 ^{0}C. Biết hao tổn điện áp cho phép ΔU_{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:



Cách1: Chọn cáp theo hao tổn điện áp cho phép:

Xác định dòng công suất chạy trên đường dây

P = S.cosφ = 170.0,8 =136 kW và Q = S.sinφ = 102 kVAr

Hao tổn điện áp cho phép trong hệ đơn vị có tên

$$\Delta U_{cp} = \frac{U.\Delta U_{cp}\%}{100} = \frac{380.5,5}{100} = 20,9 \text{ V}$$

Trước hết cho giá trị x_0 = 0,1 Ω/km và xác định thành phần phản kháng của hao tổn điện áp

$$\Delta U_X = \frac{Q.x_0 l}{U} = \frac{102.0,1.0,15}{0,38} = 4,03 \text{ V};$$

Thành phần tác dụng: $\Delta U_R = \Delta U_{cp} - \Delta U_X$ = 20,9- 4,03 = 16,87 V

Tiết diện dây dẫn

$$F = \frac{P.L}{\gamma \quad U_n \Delta U_R} = \frac{136.150.}{54.0,38.16,87.} = 58,92 \text{ mm}^2.$$

Chọn dây cáp lõi đồng loại XLPE cách điện PVC có tiết diện 70 mm^2 với dòng điện cho phép là 360 A; suất điện trở r_0 = 0,27 và x_0 = 0,083 Ω/km. (bảng 37.pl) [1]

Hao tổn thực tế

$$\Delta U = \frac{136.0,27 + 102.0,083}{0,38} 0,15 = 17,84 \text{ V} < \Delta U_{cp} = 20,9 \text{ V}$$

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 mm^2 là 235 A, trong khi đó dòng điện làm việc thực tế của mạng là:

Dòng điện làm việc :

$$I_{lv} = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{170}{\sqrt{3}.0,38} = 258,29 \text{ A} > I_{cp} = 235 \text{ A}$$

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 mm^2.

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 ^{0}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

$$k_2 = \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta_{ott}}{\theta_{cp} - \theta_{otc}}} = \sqrt{\frac{80-20}{80-15}} = 0,96$$

Giá trị hiệu chỉnh của dòng điện làm việc

$$I_{lvHc} = \frac{I_{lv}}{k_1 k_2} = \frac{170}{0,8.0,96} = 336 \text{ A};$$

Ứng với $T_M = 4500$ h tra bảng 9.pl.BT ta tìm được mật độ dòng điện kinh tế $j_{kt} = 3,1$ 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 đốt 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 $x_0 = 0,077$ Ω/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 kV. Với máy biến áp TM-560/10 tra bảng 14.pl [1] ta tìm được $\Delta P_k = 9,4$ kW và $U_k = 5,5\%$.

Xác định điện trở của các phần tử:

- Hệ thống:

$$X_{Ht} = \frac{U_{cb}^2}{S_k} = \frac{0,38^2}{215} = 0,672.\ 10^{-3}\ \Omega = 0,672 \text{ m}\Omega$$

Máy biến áp:

$$Z_B = \frac{U_k U_{cb}^2}{100.S_{BA}} = \frac{5,5.0,38^2}{100.0,56} = 25,32.\ 10^{-3}\ \Omega = 25,32 \text{ m}\Omega$$

$$R_B = \frac{\Delta P_k U_{cb}^2}{S_{BA}^2} = \frac{9,4.0,38^2}{0,56^2.10^3} = 2,42.\ 10^{-3}\ \Omega = 2,42 \text{ m}\Omega$$

$$X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = 10^{-3}\sqrt{25{,}32^2 - 2{,}42^2} = 25{,}2.\ 10^{-3}\,\Omega = 25{,}2\ m\Omega$$

Đường dây:

$$R_d = r_0 l = 0{,}12.0{,}15 = 18.10^{-3}\ \Omega = 18\ m\Omega$$

$$X_d = x_0 l = 0{,}077.0{,}15 = 111{,}55.10^{-3}\ \Omega = 11{,}55\ m\Omega$$

Điện trở ngắn mạch 3 pha:

$$Z_k = \sqrt{(2{,}42 + 18)^2 + (0{,}67 + 25{,}2 + 11{,}55)^2} = 42{,}64\ m\Omega;$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha:

$$I_k^{(3)} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}.Z_k} = \frac{380}{\sqrt{3}.42{,}64} = 5{,}14\ kA.$$

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt của cáp

$$F_{Tc.min} = I_k^{(3)}\frac{\sqrt{t_k}}{C_t} = 5{,}14.\frac{\sqrt{1{,}25}}{159}10^3 = 36{,}18 < 150\ mm^2$$

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 kVA; giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha tại điểm đặt thiết bị là I_k= 3,35 kA, t_k= 0,65s

Giải: Trước hết ta xác định dòng điện làm việc của mạng

$$I_{lv} = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{25400}{\sqrt{3}.10} = 146{,}65\ A$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích

$$I_{xk} = q_{xk}.I_k = 1{,}52.\ 3{,}35 = 5{,}1\ kA$$

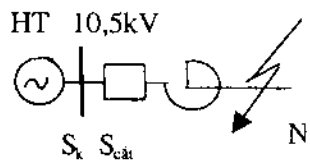
Căn cứ vào số liệu tính toán ta chọn máy cắt dầu loại BMЭ-10 và dao cách ly PBP(3)-10/630, các số liệu tính toán kiểm tra được thể hiện trong bảng sau

Tham số	Điều kiện	Tham số máy cắt		Tham số dao cách ly	
		Tính toán	BMэ-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	$I_{ôdMc} \geq I_k^{(3)}\sqrt{\frac{t_k}{t_{ôd}}}$	$3,35\sqrt{\frac{0,65}{1}} =$ 22,7	10	$3,35\sqrt{\frac{0,65}{4}} = 1,35$	15
Ổn định động	$i_{Mc} \geq I_{xk}$	1,52. 3,35 = 5,1	7,2	5,1	50
Khả năng cắt, kA	$I_{cắt} \geq I_k^{(3)}$	3,35	5,5		

Bài 6.5. Hệ thống điện có công suất ngắn mạch trên thanh cái là10 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 $S_{cắt}$ = 350 MVA, dòng điện làm việc lớn nhất $I_{lv.M}$ = 895 A

Giải:



Trước hết chọn các đại lượng cơ bản là:

$$S_{cb} = 100 \text{ MVA},\ U_{cb} = 10,5 \text{ kV},$$

$$I_{cb} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3}.U_{cb}} = \frac{100}{\sqrt{3}.10,5} = 5,5 \text{ kA}$$

Chọn cuộn kháng điện có các giá trị định mức:

$$U_{nkd} = 10 \text{ kV và } I_{nkd} = 1,2 \text{ kA},\ S_{kd} = \sqrt{3}.U_{nkd}.\ I_{nkd} = \sqrt{3}.10.1,2 = 20,875 \text{ MVA}$$

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

$$X_{ht2*} = \frac{S_{cb}}{S_{cat}} = \frac{100}{350} = 0,286$$

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

$$X_{kd} = X_{kd.tt}.\ \frac{S_{kd}}{S_{cb}}\left(\frac{U_{cb}}{U_{kd}}\right)^2 = 0,206.\ \frac{20,875}{100}\left(\frac{10,5}{10}\right)^2 = 0,048$$

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

$$X_{kd*} = X_{kdc}\frac{S_{cb}}{S_{kd}}(\frac{U_{kd}}{U_{cb}})^2 = 0,05.\ \frac{100}{20,875}(\frac{10}{10,5})^2 = 0,22;$$

Xác định điện áp dư trên cuộn kháng điện khi có ngắn mạch

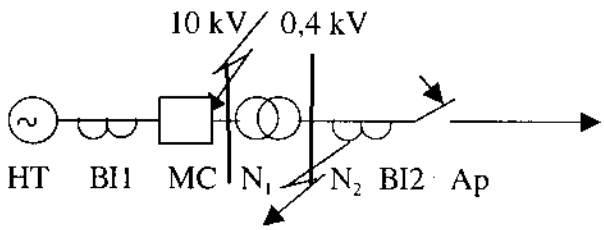
$$U\%_d = X_{kdc}.\frac{I_{cb}}{I_{kd}}.100 = 0,05.\frac{5,5}{1,2}.100 = 77,32 > 65\%$$

Như vậy kháng điện vừa chọn đảm bảo yêu cầu kỹ thuật

Giá trị dòng ngắn mạch sau cuộn kháng điện

$$I_k = \frac{I_{cb}}{X_{ht1*} + X_{kd*}} = \frac{5,5}{0,08 + 0,22} = 18,56\ kA$$

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 MVA, thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 4500 h, thời gian đặt của bảo vệ rơle là t_{bv} = 1,2s; nhiệt độ trung bình của môi trường xung quanh là 28 ^{0}C



Giải:

Theo mã hiệu của máy biến áp ta tìm được các tham số của máy:

$$S_{ba} = 320\ kVA;\ \Delta P_k = 6,2\ kW;\ U_k = 5,5\%.$$

Trước hết cần xác định dòng điện ngắn mạch tại các điểm N_1 và N_2:

Chọn U_{cb} = 0,4 kV, ta xác định điện trở của các phần tử trong hệ đơn vị có tên:

$$X_{Ht} = \frac{U_{cb}^2}{S_k} = \frac{0,4^2}{168} = 0,952.\ 10^{-3}\ \Omega$$

$$Z_B = \frac{U_k U_{cb}^2}{100.S_{BA}} = \frac{5,5.0,4^2}{100.0,32} = 27,5.\ 10^{-3}\ \Omega$$

$$R_B = \frac{\Delta P_k U_{cb}^2}{S_{BA}^2} = \frac{6,2.0,4^2}{320^2.10^{-3}} = 9,69.\ 10^{-3}\ \Omega$$

$$X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = 10^{-3}\sqrt{27,5^2 - 9,69^2} = 25,74.\ 10^{-3}\ \Omega$$

Tổng trở ngắn mạch đến điểm N_1 là $Z_{k1} = X_{ht} = 0,435.10^{-3}\ \Omega$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha tại N_1 quy về cấp điện áp thực tế

$$I_{k1} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}.Z_{k1}}.\frac{U_{cb}}{U} = \frac{0,4^2}{\sqrt{3}.0,952.10^{-3}.10} = 9,7\ kA$$

Dòng điện này thực ra có thể được xác định một cách ngắn gọn theo biểu thức

$$I_{k1} = \frac{S_{kht}}{\sqrt{3}.U} = \frac{168}{\sqrt{3}.10} = 9,7\ kA$$

Dòng xung kích:

$$i_{xk1} = 2,55.\ I_{k1} = 2,55.\ 9,7 = 24,73\ kA;$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích:

$$I_{xk1} = 1,52.\ I_{k1} = 1,52\ .\ 9,7 = 14,74\ kA;$$

Tổng trở ngắn mạch đến điểm N_2 là

$$Z_{k1} = \sqrt{9,69^2 + (0,952 + 25,74)^2}\ .10^{-3} = 28,39.10^{-3}\ \Omega$$

Dòng ngắn mạch tại điểm N_2

$$I_{k2} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}.Z_{k2}} = \frac{0,4}{28,39} = 8,13\ kA$$

Dòng xung kích:

$$i_{xk2} = 2,55.\ I_{k2} = 2,55.\ 8,13 = 20,74\ kA$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích:

$$I_{xk1} = 1,52.\ I_{k2} = 1,52\ .\ 8,13 = 12,36\ kA;$$

Công suất ngắn mạch tại điểm N:

$$S_{k2} = \sqrt{3}\ .\ I_{k2}.U = \sqrt{3}\ .\ 8,13.0,4 = 5,635\ MVA$$

Xác định dòng làm việc ở 2 phía của máy biến áp:

$$I_{lv1} = \frac{S_{ba}}{\sqrt{3}.U_1} = \frac{320}{\sqrt{3}.10} = 134,75\ A;$$

$$I_{lv2} = \frac{S_{ba}}{\sqrt{3}.U_2} = \frac{320}{\sqrt{3}.0,4} = 461,88\ A;$$

Chọn máy cắt dầu loại BMΠ-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 BMΠ-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	BMΠ-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, $kA^2.s$	$9,7^2.1,4=131,73$	$20^2.1 = 400$	$9,7^2.1,4=131,73$	$10^2.10= 1000$
Ổn định động, kA	$i_{xk1}= 24,73$	$i_{Mc}= 52$	24,73	50
Dòng cắt, kA	$I_{k1} = 9,7$	$I_{cắt}= 20$		

Kết quả tính toán cho thấy các thiết bị đã chọn hoàn toàn thoả mãn các yêu cầu cần thiết.

** Chọn thanh cái 10 kV:*

Dự định chọn thanh cài bằng đồng (ứng với nhiệt độ trung bình của môi trường là 25 ^{0}C thì nhiệt độ đốt nóng cho phép là 70 ^{0}C (bảng 8.pl.BT). Xác định hệ số hiệu chỉnh

$$k_{hc} = \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta_{ott}}{\theta_{cp} - \theta_{otc}}} = \sqrt{\frac{70 - 28}{70 - 25}} = 0,966$$

Giá trị dòng làm việc lớn nhất có tính đến sự hiệu chỉnh nhiệt độ

$$I_{lvM1} = \frac{I_{lv1}}{k_{hc}} = \frac{134,75}{0,966} = 191,24 \text{ A};$$

$$I_{lvM2} = \frac{I_{lv2}}{k_{hc}} = \frac{461,88}{0,966} = 478,1 \text{ A}$$

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 A/mm^2, do đó tiết diện của thanh cái được xác định

$$F_c = \frac{I_{lvM}}{j_{kt}} = \frac{191,24}{2,1} = 91,07 \text{ mm}^2;$$

Chọn thanh cái đồng kích thước 40x4 = 160 mm²; chiều dài mỗi nhịp 1,5 m, khoảng cách giữa các pha a = 0,60 m.

Theo bảng 8.pl.BT ta tra được giá trị hệ số C_t = 171.

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt

$$F_{Tc.min} = I_{kl}\frac{\sqrt{t_k}}{C_t} = 9,7.\frac{\sqrt{1,4}}{171}10^3 = 67,11 < 160\ mm^2$$

Vậy điều kiện ổn định nhiệt rất đảm bảo.

Kiểm tra điều kiện ổn định động:

Momen uốn: $M = 1,76.10^{-8}.\frac{l^2 i_{xk}^2}{10.a} = 1,76.10^{-8}.\frac{150^2 24730^2}{10.60}$ =403,76 kG.cm;

Momen chống uốn: $W = 0,167bh^2 = 0,167.0,4.4^2 = 1,07\ cm^3$

Ứng suất: $\sigma_{tt} = \frac{M}{W} = \frac{403,76}{1,07} = 377,77\ kG/cm^2 < \sigma_{cP} = 1400\ kG/cm^2$.

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, mm²	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, kA².s	$I_{kl}\frac{\sqrt{t_k}}{C_t}$	67,11	56,28
Momen uốn, kG.cm	$M = 1,76.10^{-8}.\frac{l^2 i_{xk}^2}{10.a}$	403,76	788,66
Momen chống uốn, kG/cm²	$0,167.b.h^2$	1,069	2,088
Ứng suất	$\sigma_{tt} = \frac{M}{W}$	377,77	377,8

* ***Chọn sứ cách điện:*** Theo bảng 34.pl [1] ta chọn sứ ОФ-10-750

có U = 10 kV; lực phá huỷ F_{ph} = 750 kG;

Lực cho phép trên đầu sứ là $F_{cP} = 0,6\ F_{ph} = 0,6.750 = 450$ kG;

Lực tính toán $F_{tt} = 1,76.10^{-8}.l\frac{i_{ixk}^2}{a} = 1,76.10^{-8}.150.\frac{24730^2}{60} = 26,91$ kG

Hệ số hiệu chỉnh k = H'/H = 17,5/15 = 1,17;

Lực tính toán hiệu chỉnh $kF_{tt} = 1,17.26,91 = 31,49 < F_{cp} = 450$ kG

Vậy sứ 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, $kA^2.s$	$9,7^2.1,4=131,73$	$80^2.1 = 6400$		
ổn định động, kA	$I_{xk1} = 14,74$	$I_{xk.BI} = 120$		
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

$$\Delta S = S_{BI} - S_{pt} = 15 - 4,525 = 10,475 \text{ VA};$$

Mặt khác $\Delta S = I_{n2}^2.r_d = 5^2.r_d = 10,475$ VA

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:

$$F_d = \frac{l_{tt}}{\gamma.r_d} = \frac{35}{53.0,419} = 1,58 \text{ mm}^2 \text{ chọn dây đồng tiết diện } 2,5 \text{ mm}^2$$

Chọn aptomat

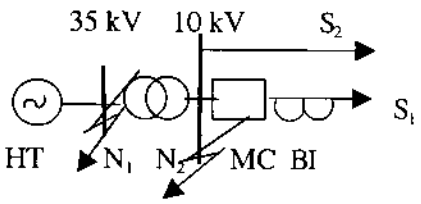
Căn cứ vào dòng làm việc ta chọn aptomat loại NS 600E (bảng 31.pl.)[1] của hãng Merlin Gerin với các tham số

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 $\theta = 28^0$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

$$I_{lvTc} = \frac{k_{dt}(S_1 + S_2)}{\sqrt{3}U} = \frac{0,85(1350 + 1670)}{\sqrt{3}10,5} = 141,15 \text{ A};$$

Dự định chọn thanh cái bằng đồng (ứng với nhiệt độ trung bình của môi trường là 25 ^{0}C thì nhiệt độ đốt nóng cho phép là 70 ^{0}C (bảng8.pl.BT). Xác định hệ số hiệu chỉnh

$$k_{hc} = \sqrt{\frac{\theta_{cp} - \theta_{ou}}{\theta_{cp} - \theta_{ote}}} = \sqrt{\frac{70-27}{70-25}} = 0{,}977$$

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 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 40x5 = 200 mm^2; chiều dài mỗi nhịp 1,25 m, khoảng cách giữa các pha a = 0,60 m.

Theo bảng 8.pl.BT đối với thanh nhôm, ta tra được giá trị hệ số C_t = 88

Kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt

$$F_{Tc.min} = I_{k2}\frac{\sqrt{t_k}}{C_t} = 2{,}07.\frac{\sqrt{1{,}2}}{88}10^3 = 25{,}77 < 200 \text{ mm}^2$$

Vậy điều kiện ổn định nhiệt rất đảm bảo.Kiểm tra điều kiện ổn định động:

Momen uốn:

$$M = 1{,}76.10^{-8}.\frac{l^2 i_{ixk}^2}{10.a} = 1{,}76.10^{-8}.\frac{125^2 5300^2}{10.60} = 12{,}87 \text{ kG,cm};$$

Momen chống uốn: $W = 0{,}167b^2h = 0{,}167.0{,}5^2.\ 4 = 0{,}167$ cm^3

Ứng suất: $\sigma_{tt} = \frac{M}{W} = \frac{12{,}87}{0{,}167} = 77{,}09$ kG/cm^2 < σ_{cP} = 700 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 kV; lực phá huỷ F_{ph} = 375 kG;

Lực cho phép trên đầu sứ là $F_{cP} = 0{,}6\ F_{ph} = 0{,}6.375 = 225$ kG;

Lực tính toán $F_{tt} = 1,76.10^{-8}.l\frac{i_{ixk}^2}{a} = 1,76.10^{-8}.125.\frac{5300^2}{60} = 1,03$ kG

Hệ số hiệu chỉnh k = H'/H = 17,5/15 = 1,17;

Lực tính toán hiệu chỉnh $kF_{tt} = 1,17.1,03 = 1,205 < F_{cp} = 225$ 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

$$I_{lv1} = \frac{S_1}{\sqrt{3}.U} = \frac{1350}{\sqrt{3}.10,5} = 74,23 \text{ A}$$

Theo số liệu tính toán ta chọn máy cắt dầu loại BMП-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	BMэ-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, $kA^2.s$	$2,07^2.1,2=5,14$	$10^2.1 = 100$	$2,07^2.1,2=5,14$	$10^2.10 = 1000$
Ổn định động, kA	$i_{xk2}= 5,3$	$i_{Mc}= 25$	5,3	50
Dòng cắt, kA	$I_{k2} = 2,07$	$I_{cắt}= 5,8$		

* *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	$I_{n1} = 200$	74,23	100
Ổn định nhiệt, B_n, $kA^2.s$	$2,07^2.1,2=5,14$	$80^2.1 = 6400$	$2,07^2.1,2=5,14$	$80^2.1 = 6400$
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 $\Delta S = I^2_{n2}.r_d = 5^2.r_d$

Từ đó $r_d = \Delta S / I^2_{n2} = 9,225/5^2 = 0,369\ \Omega$

Giả thiết chiều dài từ các máy biến dòng đến các thiết bị đo đếm là l = 40 m; Chọn sơ đồ nối các máy biến dòng theo hình sao, nên chiều dài tính toán $l_{tt} = l$ = 40 m;

Tiết diện dây dẫn được xác định:

$$F_d = \frac{l_{tt}}{\gamma.r_d} = \frac{40}{53.0,369} = 2,05 \text{ mm}^2$$

chọn dây đồng tiết diện 2,5 mm^2

Bài 6. 8. Chọn cầu chảy để bảo vệ mạch điện 380 V cung cấp cho động cơ 20 kW; hệ số cosφ = 0,8 hệ số mở máy k_{mm}= 5,5 điều kiện khởi động nhẹ, (α = 2,5). 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.

Giải: Dòng điện định mức của động cơ

$$I_{dc} = I_{dc} \frac{P}{\sqrt{3}U.\cos\varphi} = \frac{20}{\sqrt{3}.0,38.0,8} = 38 \text{ A}$$

Xác định dòng khởi động của dây chảy

$$I_{dc} \geq \frac{I_{mm}}{\alpha_m} = \frac{k_{mm}.I_{dc}}{\alpha_m} = \frac{5,5.38}{2,5} = 83,56 \text{ A}$$

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);

$$0,33.\ 100 = 33 < 150 \text{ A}$$

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).

$$1,25.100 = 125 \text{ A} < 150$$

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 cosφ = 0,8, hệ số mở máy $k_{mm} = 4,5$, điều kiện khởi động nặng nề,(α_m=1,6) hệ số đồng thời bằng 0,9. Kiểm tra dây cáp đồng đồng tiết diện 70 mm2, có cách điện tẩm giấy dầu, đặt trong đất. (I_{cP}=440A)

Giải: Xác định dòng định mức của các động cơ

$$I_{dcM} = \frac{P}{\sqrt{3}U.\cos\varphi} = \frac{45}{\sqrt{3}.0,38.0,8} = 85,46 \text{ A}$$

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

$$I_{ap} = \frac{I_{mmMax}}{\alpha_m} + k_{dt}\sum_{1}^{n-1} I_n = \frac{4,5.62,67}{1,6} + 0,9(2.37,98+3.19) = 167,27 + 119,65 = 295,92 \text{ A}$$

Chọn aptômat kiểu A3143 có dòng định mức 600 A, dòng khởi động của móc bảo vệ I_{kd} = 400 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 tẩm dầu dòng điện cho phép là I_{cP} = 440 A

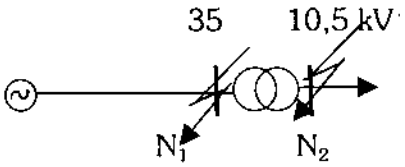
$$k_{bv}\ I_{kd} = 0,8.400 = 320 \text{ A} < 440 \text{ A}$$

Vậy đảm bảo yêu cầu bảo vệ đường cáp

3. BÀI TẬP

6.1: Hãy chọn thanh cái 10 kV cho trạm biến áp, giá trị biết 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 ^{0}C, thời gian tồn tại giả định của dòng ngắn mạch là t_k = 0,56 s. Dự định dùng thanh nhôm.

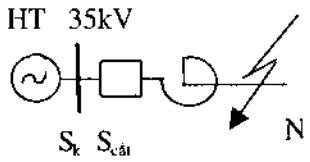
6.2 : Hãy chọn thanh cái cho trạm biến áp 35/10,5 kV với máy TMH.4000/35, giá trị dòng ngắn mạch 3 pha $I_{k1}^{(3)}$ = 2,54 kA, i_{xk1} = 6,48 kA; $I_{k2}^{(3)}$ = 7,83 kA, i_{xk2} = 19,97 kA thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 4500 h, nhiệt độ trung bình của môi trường xung quanh là 30 ^{0}C, 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.



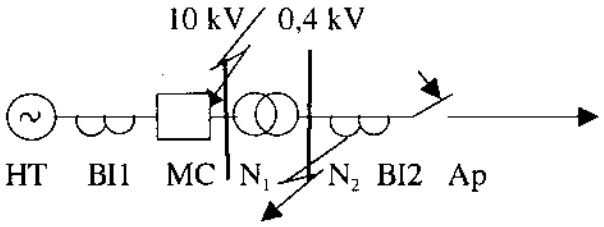
6.3. Hãy chọn cáp điện lực cho mạng điện hạ áp 380V được cung cấp từ trạm biến áp 10/0,4 kV với máy biến áp TM-320/10, chiều dài đường cáp là *l* = 210 m có phụ tải là S = 85 kVA, cosφ = 0,82; thời gian sử dụng công suất cực đại T_M= 4550 h; cáp được đặt trong hào chung có số lượng dây cáp là n = 3, khoảng cách giữa các dây cáp là 100 mm nhiệt độ trung bình của môi trường là 20 ^{0}C. Biết hao tổn điện áp cho phép ΔU_{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= 0,55s

6.5. Hệ thống điện có công suất ngắn mạch trên thanh cái là10 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 5600 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

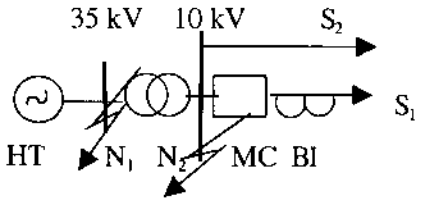


= 4500 h, thời gian đặt của bảo vệ rơle là t_{bv} = 1,35s; nhiệt độ trung bình của môi trường xung quanh là 27 ^{0}C

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 θ = 29^{0}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 cosφ = 0,78 hệ số mở máy k_{mm}= 5 điều kiện khởi động nặng nề, (α = 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 cosφ = 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÷3,5;

k_{tv} – hệ số trở về.

Dòng khởi động của rơle được xác định theo biểu thức

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc}}{k_{tv} . n_i} k_{sd} k_{mm} I_{lvM} \quad (7.2)$$

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_{kdRl} cần chọn ***dòng đặt của rơle*** I_{dR} theo giá trị gần nhất của thang dòng điện về phía cao

$$I_{dR} \geq I_{kdR} \quad (7.3)$$

Dòng điện khởi động thực sự của bảo vệ rơle được xác định như sau

$$I_{kdBV} = \frac{I_{dR} . n_i}{k_{sd}} \quad (7.4)$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k.min}}{I_{kdbv}} = \frac{I_{k.min} k_{sd}}{I_{dR} . n_i} \quad (7.5)$$

$I_{k.min}$ – 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 đựa theo giá trị của dòng ngắn mạch 3 pha ở cuối vùng bảo vệ theo biểu thức

$$I_{k.min} = 0,87.\ I^{(3)}_k$$

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

$$I_{nI.BI} \geq 0,03.I^{(3)}_k \qquad (7.6)$$

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

$$I_{kdCN} > I_{k.Max.ng} \qquad (7.7)$$

trong đó: $I_{kMax.ng.}$ - dòng điện ngắn mạch lớn nhất ở ngoài vùng bảo vệ ;

k_{tc} – 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 $I_{kd.CN} > I_{dh}$.

Giá trị dòng từ hoá đột biến được xác định theo biểu thức

$$I_{dh} = k_{dh}.I_{n.BA}$$

k_{dh} – hệ số đột biến từ hoá có giá trị trong khoảng 3÷5, tuỳ 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_{dh} sẽ được chọn làm điều kiện tính toán bảo vệ cắt nhanh. Giả sử $I_{k.Max.ng} > I_{dh}$ dòng khởi động được xác định

$$I_{kd.CN} = k_{tc}.\ I_{k.Max.ng}.$$

Dòng khởi động của rơle $$I_{kdCN.R} = \frac{k_{sd}}{n_i}\ k_{tc}I_{k.Max.ng}. \qquad (7.8)$$

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

$$I_{bvCN} = \frac{I_{dCN}.n_i}{k_{sd}} \qquad (7.9)$$

Độ nhạy được đánh giá theo hệ số nhạy

$$k_{nhCN} = \frac{I_{k\,min}}{I_{bvCN}} \qquad (7.10)$$

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

$$I_{kdSL} = k_{tc} \cdot k_a . k_{cl} s_i I_{kMax.ng}, \qquad (7.11)$$

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

$$I_{kdR} = \frac{k_{sd}}{n_i} k_{tc} I_{kcbMax}; \qquad (7.12)$$

Dòng không cân bằng được xác định theo biểu thức:

$$I_{kcbMax} = (k_a . k_{cl} s_i + s_{\Delta Udc} + s_{2i})\ I_{kMax\,ng} \qquad (7.13)$$

Sai số tương đối do sự chênh lệch các dòng điện thứ cấp của máy biến dòng được xác định theo biểu thức

$$s_{2i} = \frac{I_{2I} - I_{2II}}{I_{2I}} \qquad (7.14)$$

Căn cứ vào giá trịnh tính tóan 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

$$I_{bvSl} = \frac{I_{dR} . n_i}{k_{sd}} \qquad (7.15)$$

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:

$$\omega = \omega_n\left(\frac{I_{21}}{I_{2H}} - 1\right) \qquad (7.16)$$

ω_n – tổng số vòng dây của cuộn cân bằng cho trong catalogue

Độ nhạy được đánh giá theo $k_{nhSl} = \frac{I_{k\,min}}{I_{bvSl}} \geq 2$ (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 : $I_{kd} > I_{kcb.Max}$;

$$I_{n.MF} = \frac{S_{MF}}{\sqrt{3}.U_{MuM}}; \qquad (7.18)$$

$$I_{kcbMax} = k_{at}.k_{cl}s_i\,I_{kMax.ng.} \qquad (7.19)$$

Giá trị lớn hơn trong số các giá trị của I_{nMF} và $I_{kcb.Msanscx}$ 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_i = 300/5 = 60, dự định sẽ chọn rơle 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 rơle kỹ thuật số hệ số trở về k_{tv} = 0,98, dòng khởi động của rơle được xác định theo biểu thức

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc}}{k_{tv}.n_t} k_{sd}\, k_{mm} I_{tvM} = \frac{1,2}{0,98.60} 1.1,4.\ 210 = 6\ A$$

Chọn dòng đặt của rơle $I_{dR} = 6$ A

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ

$$I_{kdBV} = \frac{I_{dR}.n_t}{k_{sd}} = \frac{6.60}{1} = 360\ A$$

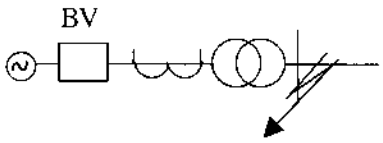
Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k2\,min}}{I_{kdbv}} = \frac{I_{k2}^{(2)}}{I_{kdbv}} = \frac{\sqrt{3}I_{k2}}{2.I_{kdbv}} = \frac{\sqrt{3}.860}{2.360} = 2,08$$

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 $S_{ba} = 4000$ kVA; điện áp định mức $U_1 = 35$ và $U_2 = 11$ kV; hệ số đột biến dòng từ hoá $k_{dh} = 4$; dòng ngắn mạch ngoài tại điểm N là $I_k^{(3)} = 1,2$ kA; hệ số tin cậy $k_{tc} = 1,2$.

Giải: Trước hết ta xác định dòng định mức của máy biến áp



Hình 7.2. Sơ đồ mạng điện bài toán 7.2.

$$I_{BA1} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3}.U_1} = \frac{4000}{\sqrt{3}.35} = 66\ A$$

Dòng điện ngắn mạch quy về cấp điện áp 35 kV là

$$I_k^{(3)'} = \frac{I_k^{(3)}.U_2}{U_1} = \frac{1200.11}{35} = 377,14A$$

Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chọn từ 1 trong 2 điều kiện

- Lớn hơn dòng ngắn mạch ngoài, $I_k^{(3)} = 377,14$ A

- Lớn hơn dòng đột biến từ hoá của máy biến áp

$$I_{dh} = k_{dh}.I_{BA} = 4.66 = 264\ A$$

Do dòng $I_{CN1} > I_{CN2}$ nên dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chọn theo điều kiện thứ nhất

$$I_{CN} = k_{tc}.I_k^{(3)'} = 1,2.377,14 = 452,57\ A$$

Căn cứ vào dòng định mức của máy biến áp ta chọn biến dòng có $I_{BI} = 100$ A, tức là hệ số biến dòng $n_t = 100/5 = 20$; máy biến dòng được nối theo hình sao, tức hệ số sơ đồ $k_{sd} = 1$.

Dòng khởi động của rơle bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$I_{kdCN.R} = \frac{I_{CN}}{n_i} k_{sd} = \frac{452,57}{20}.1 = 22,63 \text{ A}$$

Chọn rơle EOCR-SP.20 với dòng đặt của rơle I_{dRCN}= 23 A.

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{kd.CN} = \frac{I_{dRCN}.n_i}{k_{sd}} = \frac{23.20}{1} = 460 \text{ A}.$$

Độ nhạy của bảo vệ

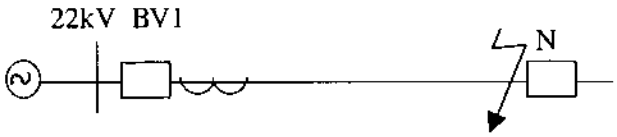
$$k_{nh} = \frac{I_{k.min}}{I_{kd.CN}} = \frac{0,87.I_k^{(3)}}{I_{kd.CN}} = \frac{0,87.377,14}{460} = 0,71$$

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:

$$I_k = k'_{nh}.\ I_{kd.CN} = 2.\ 460 = 920 \text{ A}$$

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_{lvMax} = 325 A, dòng ngắn mạch 3 pha ở cuối đường dây t là I_k = 2,13 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

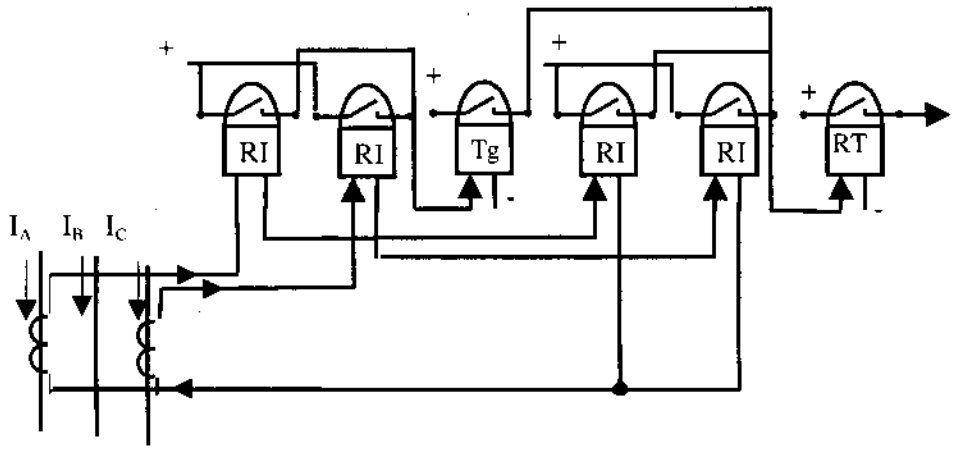
Với rơle kỹ thuật số hệ số trở về k_{tv} = 0,98, dòng khởi động của rơle được xác định theo biểu thức

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc}}{k_{tv}.n_i} k_{sd}\, k_{nm} I_{tvM} = \frac{1,2}{0,98.100} 1.1,5.\ 325 = 5,97\ A.$$

Chọn rơle loại EOCR.SP.10 với dòng đặt của rơle $I_{dR} = 6$ A.

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ

$$I_{kdBV} = \frac{I_{dR}.n_i}{k_{sd}} = \frac{6.100}{1} = 600\ A$$



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

$$k_{nh} = \frac{I_{k\,min}}{I_{kdbv}} = \frac{I_k^{(2)}}{I_{kdbv}} = \frac{0,87.I_k}{I_{kdbv}} = \frac{0,87.2130}{600} = 3,1 > 1,5$$

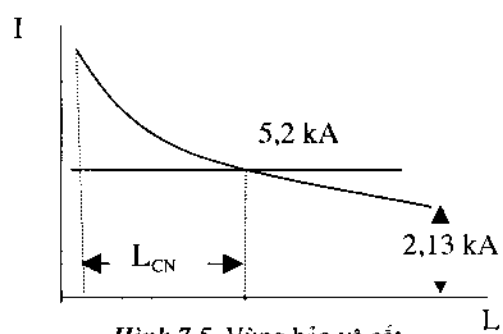
Vậy bảo vệ đáp ứng độ nhạy cần thiết.

b. Bảo vệ cắt nhanh

Dòng khởi động của rơle bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$I_{kdCN.R} = \frac{k_{tc}}{n_i} k_{sd} I_{k.Max.ng.}$$

$$= \frac{1,2}{100}.1.2130 = 25,56\ A$$



Hình 7.5. Vùng bảo vệ cắt nhanh bài toán 7.3.

Chọn rơle EOCR-SS.20 với dòng đặt của rơle $I_{dRCN} = 26$ A

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{kdCN} = \frac{I_{dRCN}.n_i}{k_{sd}} = \frac{26.100}{1} = 2600 \text{ A}.$$

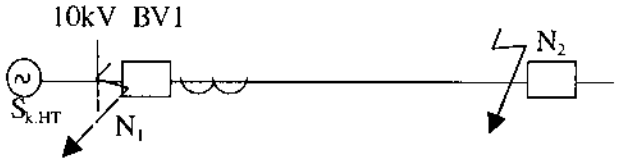
Để đảm bảo được độ nhạy theo yêu cầu ($k'_{nh} = 2$),

vùng bảo vệ cắt nhanh L_{CN} tương ứng với dòng ngắn mạch tối thiểu

$$I_k = k_{nh} I_{kdCN} = 2.2,6 = 5,2 \text{ kA}$$

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 $S_{k.ht} = 217$ MVA. Hãy tính toán bảo vệ dòng điện cực đại, biết dòng điện làm việc cực đại $I_{lvMax} = 260$ 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 $x_0 = 0,363$ Ω/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:

Điện trở hệ thống: $X_{HT} = \frac{U_{cb}^2}{S_{k.HT}} = \frac{10^2}{217} = 0,46\ \Omega$

Điện trở đường dây: $R_d = r_0.l = 0,27.8,5 = 2,3\ \Omega$; $X_d = x_0.l = 0,363.8,5 = 3,09\ \Omega$.

Tổng trở ngắn mạch $Z_K = \sqrt{R_d^2 + (X_{HT} + X_d)^2} = \sqrt{2,3^2 + (0,46 + 3,09)^2} = 4,22\ \Omega$.

Dòng ngắn mạch tại điểm N_1: $I_{k1} = \frac{S_{k.HT}}{\sqrt{3}U_{cb}} = \frac{217}{\sqrt{3}.10} = 12,53$ kA.

Dòng ngắn mạch tại điểm N_2: $I_{k2} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3}Z_k} = \frac{10}{\sqrt{3}.4,22} = 1,367$ 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 rơle 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 $k_{tv} = 0,98$, dòng khởi động của rơle được xác định theo biểu thức

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc}}{k_{tv}.n_i} k_{sd}\, k_{mm} I_{tvM} = \frac{1,2}{0,98.80} 1.1,5.\ 260 = 5,968\ A$$

Chọn rơle số loại EOCR.SP.10 dòng đặt của rơle $I_{dR} = 6$ A;

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ

$$I_{kdBV} = \frac{I_{dR}.n_i}{k_{sd}} = \frac{6.80}{1} = 480\ A$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k\,min}}{I_{kdbv}} = \frac{I_{k2}^{(2)}}{I_{kdbv}} = \frac{0,87.I_{k2}}{I_{kdbv}} = \frac{0,87.13670}{480} = 2,48 > 1,5$$

Vậy độ nhạy của bảo vệ đảm bảo yêu cầu.

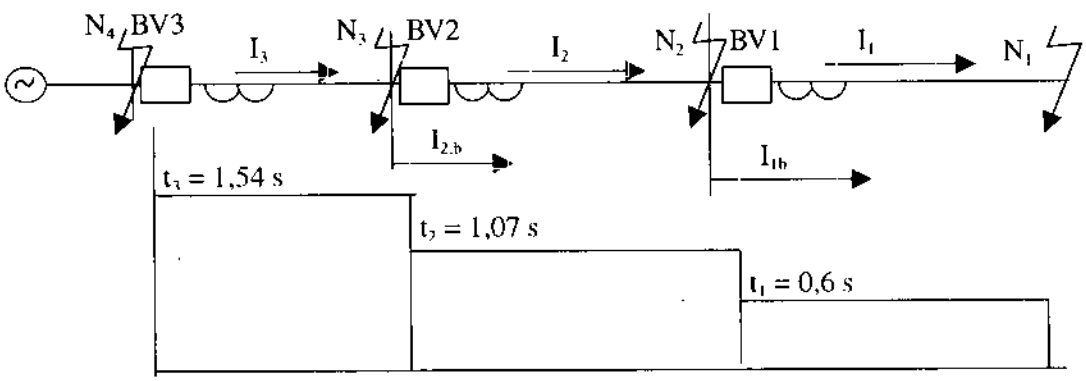
Kiểm tra máy biến dòng theo điều kiện làm việc tin cậy của cuộn cắt:

$$I_{1.BI} = 400 \geq I_{cc} = 0,03.I_{k1} = 0,03.12530 = 375,86\ A$$

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: $k_{mm} = 1,5$; $k_{tc} = 1,2$; 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: $I_{lv2} = I_1 + I_{1b} = 72 + 60 = 132$ A;

Dòng làm việc qua bảo vệ 3: $I_{lv3} = I_2 + I_{2b} = 132 + 145 = 277$ 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 ($I_{1BI} > I_{lv}$), Đối với bảo vệ 1 ta chọn biến dòng có $I_{1.BI} = 100$, tức hệ số biến dòng là $n_{i1} = 100/5 = 20$. Các máy biến dòng được mắc theo sơ đồ hình sao thiếu có hệ số sơ đồ $k_{sd}=1$; Dự định chọn rơle kỹ thuật số với hệ số trở về $k_{tv}=1$. Dòng khởi động của rơle bảo vệ 1

$$I_{kdR1} = \frac{k_{tc}}{k_{tv}.n_{i1}} k_{sd}\, k_{mm} I_{lvM} = \frac{1,2}{1.20} 1.1,5.72 = 6,48 \text{ A};$$

Chọn rơle EOCR.SP.10-1 với dòng đặt của rơle là 6,5 A;

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ

$$I_{kdBV} = \frac{I_{dR}.n_i}{k_{sd}} = \frac{6,5.20}{1} = 130 \text{ A};$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k1.min}}{I_{kdbv}} = \frac{I_{k1}^{(2)}}{I_{kdbv}} = \frac{0,87.I_{k1}}{I_{kdbv}} = \frac{0,87.1230}{130} = 8,25 > 1,5$$

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).

$$I_{1.BI} = 100 \geq I_{cc} = 0,03.I_{k2} = 0,03.1870 = 56 \text{ A};$$

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

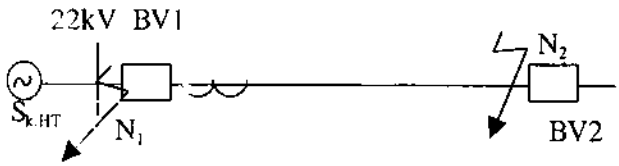
Biểu đồ phân bố thời gian tác động của các bảo vệ được thể hiện trên hình vẽ.

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 rơle	$I_{kd.R}$	6,48	5,94	8,31
Chọn rơle		EOCR.SP.10-1	EOCR.SP.10-1	EOCR.SP.10-1
Dòng đặt của rơle	I_R	6,5	6	8,5
Dòng kđ của bảo vệ	$I_{kd.bv}$	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;

Hình 7.8. Sơ đồ mạng điện bài toán 7.6.



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 Ω/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:

Điện trở hệ thống: $X_{HT} = \dfrac{U_{cb}^2}{S_{k.HT}} = \dfrac{22^2}{316} = 1{,}53\ \Omega$

Điện trở đường dây: $R_d = r_0.l = 0{,}33.13 = 4{,}29\ \Omega$; $X_d = x_0.l = 0{,}384.13 = 5\ \Omega$

Tổng trở ngắn mạch $Z_K = \sqrt{R_d^2 + (X_{HT} + X_d)^2} = \sqrt{4{,}29^2 + (1{,}53+5)^2} = 7{,}81\ \Omega$

Dòng ngắn mạch tại điểm N_1: $I_{k1} = \dfrac{S_{k.HT}}{\sqrt{3}U_{cb}} = \dfrac{316}{\sqrt{3}.22} = 8{,}29$ kA

Dòng ngắn mạch tại điểm N_2: $I_{k2} = \dfrac{U_{cb}}{\sqrt{3}Z_k} = \dfrac{22}{\sqrt{3}.7{,}81} = 1{,}623$ 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 $k_{sđ}$ = 1.

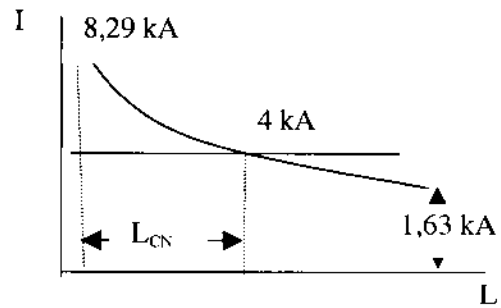
Dòng khởi động của rơle bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$I_{kdCN.R} = \frac{k_{tc}}{n_i} k_{sd} I_{k.Max.ng.} = \frac{1,2}{100}.1.1623 = 19,48 \text{ A}$$

Chọn rơle EOCR-SS.20 với dòng đặt của rơle I_{dRCN}= 20 A.

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ cắt nhanh

$$I_{kdCN} = \frac{I_{dRCN}.n_i}{k_{sd}} = \frac{20.100}{1} = 2000 \text{ A}.$$



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

$$I_k = k'_{nh} I_{kdCN} = 2.2 = 4 \text{ kA}$$

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:

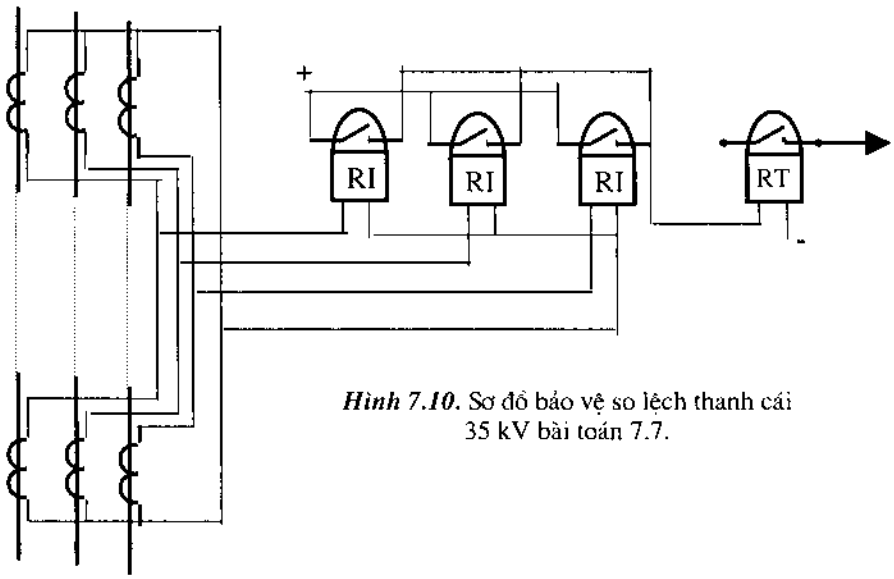
$$I_{1.BI} = 400 \geq I_{cc} = 0,03.I_{k1} = 0,03.8290 = 248,79 \text{ A};$$

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_{lv}=350 A, dòng ngắn mạch cực đại ngoài vùng bảo vệ là I_{k2}= $I_{k.Max.ng.}$= 0,95 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 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_{cl}= 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

$$I_{kcbMax} = k_a.k_{cl}s_i I_{kMax.ng.} = 1.0,5.0,1.950 = 47,44 \text{ A}$$

Dòng khởi động của rơle

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc}}{n_i} k_{sd} I_{kcbMax} = \frac{1,25}{100}.1.47,44 = 0,593 \text{ A}$$

Chọn dòng đặt của rơle là $I_{dRSl} = 0,6$ A

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{kd.Sl} = \frac{I_{dRSl}.n_i}{k_{sd}} = \frac{0,6.100}{1} = 60 \text{ A}$$

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

$$k_{nhSl} = \frac{I_{k.min}}{I_{kd.Sl}} = \frac{I_{k2}^{(2)}}{I_{kd.Sl}} = \frac{0,87.I_{k2}^{(3)}}{I_{kd.Sl}} = \frac{0,87.950}{60} = 13,76 > 2;$$

Bài 7. 8. Tính toán bảo vệ rơle cho máy biến áp TMДH 10000/110 có công suất định mức S_n = 10000 kVA, điện áp định mức là 115/22 kV, máy có bộ phận tự động điều chỉnh điện áp với ΔU_{dc}=10%. Dòng điện ngắn mạch cực đại tại thanh cái phía thứ cấp (ngoài vùng bảo vệ) là I_{kmax}=1,34 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

$$I_{n1} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3}.U_{n1}} = \frac{10000}{\sqrt{3}.115} = 50,2 \text{ A}$$

$$I_{n2} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3}.U_{n2}} = \frac{10000}{\sqrt{3}.22} = 262,43 \text{ A}$$

Dựa vào dòng điện định mức ta chọn các máy biến dòng loại bảo hoà nhanh I_{nI} = 100 và I_{nII}=300A, 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

$$I_{2I} = \frac{I_{n1}.k_{sd1}}{n_{i1}} = \frac{50,2.\sqrt{3}}{20} = 4,35 \text{ A}; \qquad I_{2II} = \frac{I_{n2}.k_{sd2}}{n_{i2}} = \frac{262,43.1}{60} = 4,37 \text{ A}$$

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:

$$I_{kcbMax} = (k_a.k_{cI}s_i + s_{AUdc} + s_{2i})\ I_{kMax.ng.}$$

Các máy biến dòng bảo hoà nhanh nên k_a = 1, các máy biến dòng ở 2 phía khác nhau nên k_{cI} = 1, sai số máy biến dòng s_i = 0,1, như vậy

$$I_{kcbMax} = (1.1.0,1 + 0,1 + 0,006).1340 = 276 \text{ A}$$

Dòng điện khởi động của bảo vệ

$$I_{kdB} = k_{tc}.I_{kcbMax} = 1,25.276 = 345 \text{ A}$$

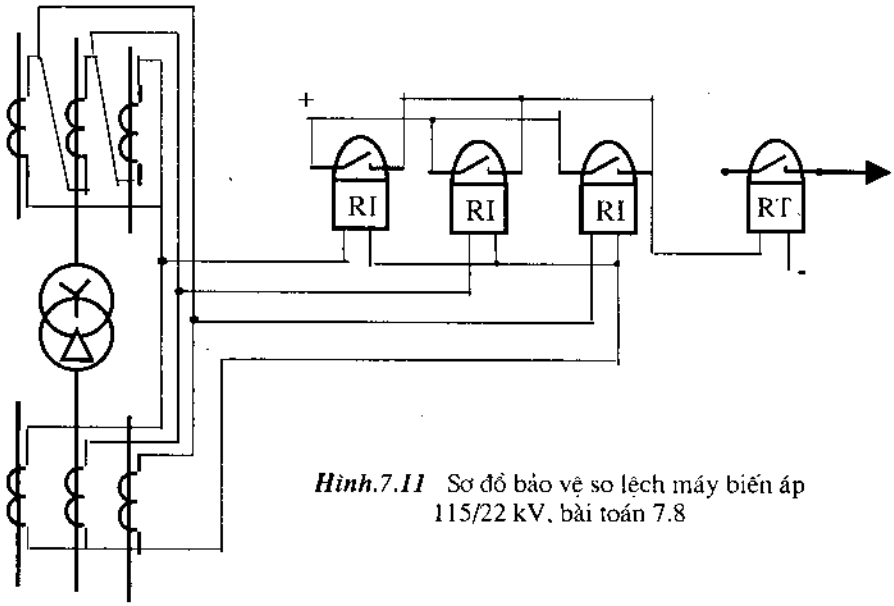
Dòng điện khởi động của rơle

$$I_{kdR} = \frac{I_{kdB}.k_{sd2}}{n_{i2}} = \frac{345.1}{60} = 5,57 \text{ A}$$

Chọn rơle.EOCR-SS.06-2 (bảng 48.pl) [1] với dòng đặt là I_{dR} = 6 A

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{kd.SI} = \frac{I_{dRSI}.n_i}{k_{sd}} = \frac{6.60}{1} = 360\ A;$$



Hình.7.11 Sơ đồ bảo vệ so 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:

$$I_{1.BI} = 300 \geq I_{cc} = 0,03.I_{k1} = 0,03.1340 = 40,2\ A;$$

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 $I^{(2)}_{k2}$, do vậy độ nhạy của bảo vệ sẽ là

$$k_{nh} = \frac{I_{k\,min}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87.I_{k2}^{(3)}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87.1340}{360} = 3,24 > 2$$

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:

$$\omega = \omega_n\left(\frac{I_{2I}}{I_{2II}} - 1\right) = 20.\left(\frac{4,37}{4,35} - 1\right) = 0,12;$$

Như vậy không cần thiết phải mắc thêm cuộn cân bằng.

Sơ đồ nối máy biến dòng và rơle 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

$$I_{mP} = \frac{S_{mP}}{\sqrt{3}.U_n} = \frac{50}{\sqrt{3}.6,3}.10^3 = 4582,145 \text{ A}$$

Dựa vào dòng điện định mức ta chọn các máy biến dòng loại bảo hoà nhanh I_{nI} = 5000, vậy tỷ số biến dòng sẽ là:

$$n_i = \frac{5000}{5} = 1000$$

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 $k_{sdI} = \sqrt{3}$.

Giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha

$$I_K = \frac{E''_*}{x''_d}.I_{mP} = \frac{1}{0,14}.4582,145 = 32730 \text{ A}$$

Xác định dòng điện không cân bằng:

$$I_{kcb} = k_a.k_{cI}.s_i.I_K$$

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_{cI}=0,5, sai số máy biến dòng s_i = 0,1, như vậy

$$I_{kcb} = 2.0,5.0,1.32730 = 3273 \text{ A}$$

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

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc}.k_{sd}.I_{mP}}{n_i} = \frac{1,2.\sqrt{3}.4582,145}{1000} = 9,52 \text{ A}$$

Chọn rơle EOCR-SS.06-2 (bảng 48.pl) [1] với dòng đặt là I_{dR} = 10 A

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{kd.SL} = \frac{I_{dR}.n_i}{k_{sd}} = \frac{10.1000}{\sqrt{3}} = 5773,5 \text{ A}$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k\,min}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87.I_k}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87.33730}{5773,5} = 4,93 > 2$$

Vậy bảo vệ đảm bảo độ nhạy cần thiết.

Bài 7. 10. Hãy thực hiện bảo vệ rơle cho trạm thuỷ 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		Sđd	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 $\Delta U_{đc}$=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 so lệch. Trước hết ta xác định dòng điện định mức của máy phát

$$I_{mP} = \frac{S_{mP}}{\sqrt{3}.U_n} = \frac{1500}{\sqrt{3}.6,3} = 137,46 \text{ A}$$

Dựa vào dòng điện định mức ta chọn các máy biến dòng loại bảo hoà nhanh I_{nI} = 200, vậy tỷ số biến dòng sẽ là:

$$n_I = \frac{200}{5} = 40$$

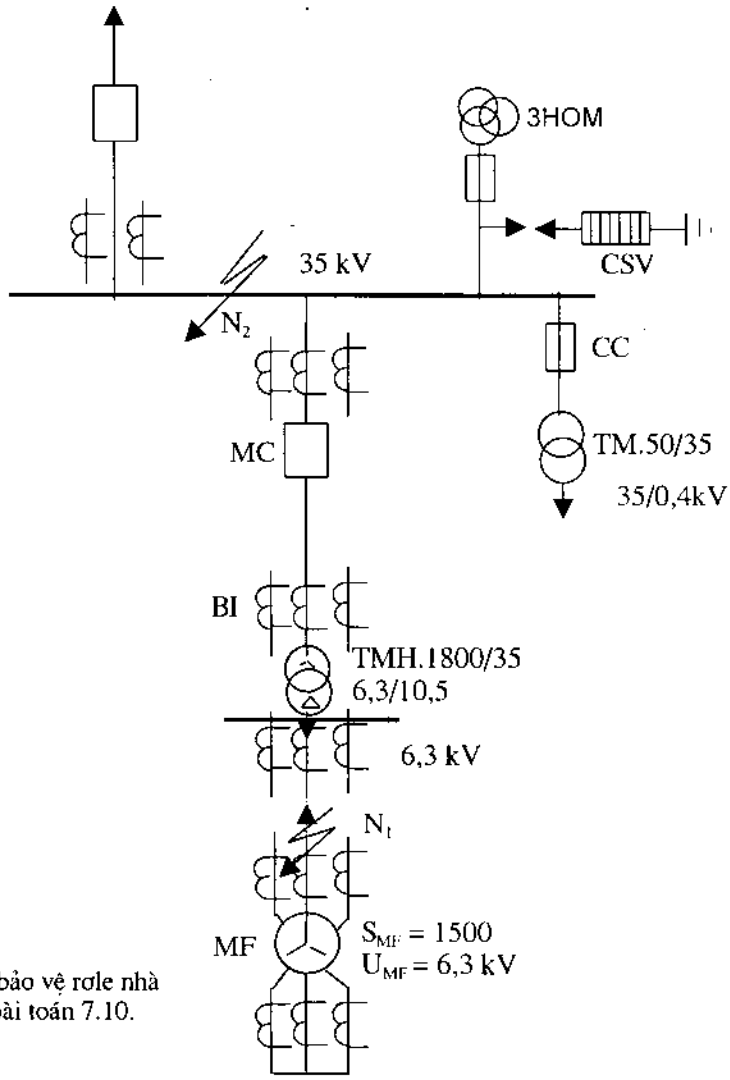
Chọn sơ đồ nối dây máy biến dòng: sơ đồ nối các máy biến dòng được thực hiện theo hình tam giác (Δ), như vậy hệ số sơ đồ phía sơ cấp sẽ là $k_{sđI} = \sqrt{3}$.

Giá trị dòng điện ngắn mạch 3 pha trên đầu ra của máy phát có thể xác định theo biểu thức

$$I^{(3)}_{K1} = \frac{E''_*}{x''_d}.I_{mP} = \frac{1,05}{0,125}.137,46 = 1154,7 \text{ A}$$

Xác định dòng điện không cân bằng:

$I_{kcb} = k_a.k_{cl}.s_i.I_k = 2.0,5.0,1.1154,7 = 115,47$ A



Hình.7.12. Sơ đồ bảo vệ rơle nhà máy thuỷ điện bài toán 7.10.

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 là 10% , tức là $s_i = 0,1$.

Như vậy dòng $I_{kcb} < I_{mP}$ nên dòng khởi động của rơle sẽ được xác định theo dòng định mức máy phát, với hệ số tin cậy là 1,25.

$$I_{kdR} = \frac{k_{tc}.k_{sd}.I_{mP}}{n_i} = \frac{1,25.\sqrt{3}.137,46}{40} = 7,44 \text{ A}$$

Chọn rơle EOCR-SS.06-2 (bảng 48.pl) [1] với dòng đặt là $I_{dR} = 7,5$ A

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{kd.SL} = \frac{I_{dR}.n_i}{k_{sd}} = \frac{7,5.40}{\sqrt{3}} = 173,2\ A$$

Độ nhạy của bảo vệ

$$k_{nh} = \frac{I_{k\,min}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87.I_{k1}^{(3)}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87.1154,7}{173,2} = 5,8 > 2$$

Vậy bảo vệ đảm bảo độ nhạy cần thiết.

2) Tính toán bảo vệ rơle cho máy biến áp

Máy biến áp TMH.1800/35 với các tham số: S_{BA} = 1800 kVA; ΔP_k = 24 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 rơle 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

$$I_{n1} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3}.U_{n1}} = \frac{1800}{\sqrt{3}.6,3} = 164,96\ A$$

$$I_{n2} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3}.U_{n2}} = \frac{1800}{\sqrt{3}.35} = 29,69\ A$$

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 $I_{1.II}$ = 60A, 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

$$I_{2.I} = \frac{I_{n1}.k_{sd1}}{n_{i1}} = \frac{164,96.1}{40} = 4,12 \qquad I_{2.II} = \frac{I_{n2}.k_{sd2}}{n_{i2}} = \frac{29,69.\sqrt{3}}{12} = 4,29$$

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 N_2 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.

$$X_{MF*} = x''_d = 0,125$$

$$R_{BA*} = \frac{\Delta P_k.S_{cb}}{S_{BA}^2} = \frac{24.1500}{1800^2} = 0,011$$

$$X_{BA*} = \frac{U_k.S_{cb}}{100.S_{BA}} = \frac{6,5.1500}{100.1800} = 0,054$$

$$Z_k = \sqrt{R_{BA}^2 + (X_{MF} + X_{BA})^2} = \sqrt{0,011^2 + (0,125 + 0,054)^2} = 0,18$$

Dòng ngắn mạch 3 pha

$$I_k^{(3)} = \frac{E_*.I_{cb}}{Z_k} = \frac{1,05.137,46}{0,18} = 804,06 \text{ A}$$

Xác định dòng điện không cân bằng:

$$I_{kcbMax} = (k_a.k_{cl}s_i + s_{AUdc} + s_{2i})\ I_{kMax\ ng.}$$

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

$$I_{kcbMax} = (1.1.0,1 + 0,1 + 0,038).804 = 191,165 \text{ A}$$

Dòng điện khởi động của bảo vệ

$$I_{kd} = k_{tc}.I_{kcbMax} = 1,25.191,165 = 238,96 \text{ A}$$

Dòng điện khởi động của rơle

$$I_{kdR} = \frac{I_{kdB}.k_{sd2}}{n_{i2}} = \frac{238,96.1}{40} = 5,97 \text{ A}$$

Chọn rơle EOCR-SS.06-2 (bảng 48.pl) [1] với dòng đặt là $I_{dR} = 6$ A

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ so lệch

$$I_{kd.SI} = \frac{I_{dR}.n_{i1}}{k_{sd.1}} = \frac{6.40}{1} = 240 \text{ A}$$

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 $I^{(2)}_k = 0,87.\ I^{(3)}_k$ do vậy độ nhạy của bảo vệ sẽ là

$$k_{nh} = \frac{I_{k\,min}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87.I_{k1}^{(3)}}{I_{kd.SL}} = \frac{0,87.804,06}{240} = 2,91 > 2$$

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:

$$\omega = \omega_n(\frac{I_{2II}}{I_{2I}} - 1) = 20.\ (\frac{4,29}{4,12} - 1) = 0,78$$

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, $I^{(3)}_{k2} = 804,06$ A

- Lớn hơn dòng đột biến từ hoá của máy biến áp

$$I_{db} = k_{db}.I_{BA} = 4.\ 164,96 = 659,83 \text{ A}$$

Do dòng $I^{(3)}_{k2} > I_{db}$ nên dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh được chọn theo điều kiện thứ nhất:

$$I_{CN} = k_{tc}.\ I^{(3)}_{k2} = 1,25.\ 804,06 = 1005,08 \text{ A}$$

Dòng khởi động của rơle bảo vệ cắt nhanh được xác định theo biểu thức

$$I_{kdCN.R} = \frac{I_{CN}}{n_i}\ k_{sdI} = \frac{1005,08}{40}.1 = 25,13 \text{ A}$$

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.

$$I_{kd.CN} = \frac{I_{dRCN}.n_i}{k_{sd}} = \frac{25,5.40}{1} = 1020 \text{ A}.$$

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

$$I_k = k_{nh}.I_{kd.CN} = 2.\ 1020 = 2040\ A$$

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 rơle bảo vệ chống quá tải

$$I_{kd.R.qt} = \frac{k_{qt}.k_{sd1}.I_{n.1}}{n_{i1}} = \frac{1,1.1.164,96}{40} = 4,54$$

Chọn dòng khởi động của rơle là $I_{kd.R}$ = 4,6A với thời gian duy trì quá tải là t = 3s, tín hiệu quá tải được thể hiện dưới dạng còi hoặc đèn hiệu.

Dòng khởi động thực tế của bảo vệ chống quá tải

$$I_{kd..qt} = \frac{I_{kdR}.n_{i1}}{k_{sd1}} = \frac{25,5.40}{1} = 184\ A.$$

d. Bảo vệ bằng rơle hơi kiểu ПГ-22, khi rơle 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 xẩy 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

$$I_{kd.cc} = 2,5.\ I_{n.td}$$

Dòng điện định mức của máy biến áp tự dùng được xác định theo biểu thức

$$I_{n.td} = \frac{S_{td}}{\sqrt{3}.U} = \frac{50}{\sqrt{3}.35} = 0,82\ A$$

Vậy $I_{kd.cc} = 2,5.0,82 = 2,06\ A$

Ta chọn $I_{kd.CC}$ = 2,5 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 A, hệ số mở máy k_{mm}=1,5. hệ số tin cậy k_{tc} = 1,2; Dòng ngắn mạch cuối

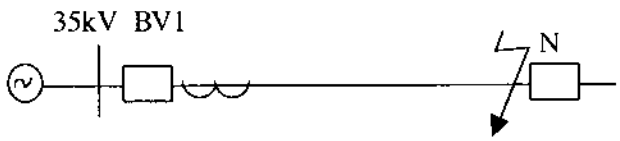
đường dây là $I_k^{(3)}$=0,96 kA.

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 cây 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.



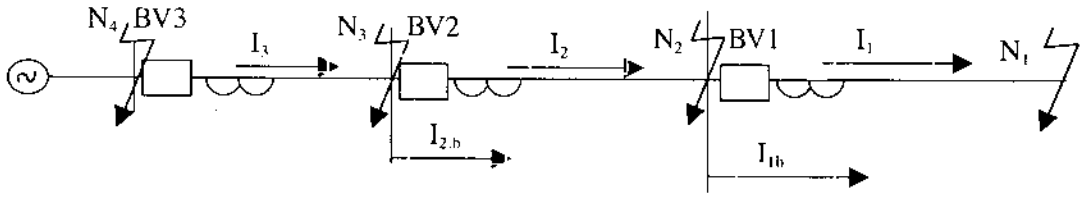
Hình 7.13. Sơ đồ mạng điện bài tập 7.5.

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 điên 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

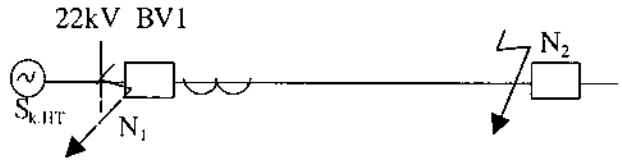
Các hệ số: k_{mm} = 1,5; k_{tc} =1,25 ; thời gian tác động của bảo vệ 1 là t_1 = 0,57 s; thời gian trễ giữa các bảo vệ Δt = 0,43 s.



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_{lvMax}= 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 TMДH 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 $\Delta U_{đc}$=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 thuỷ 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 đ.mức	Điện áp định mức, kV		Sđđ	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 ΔU_{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

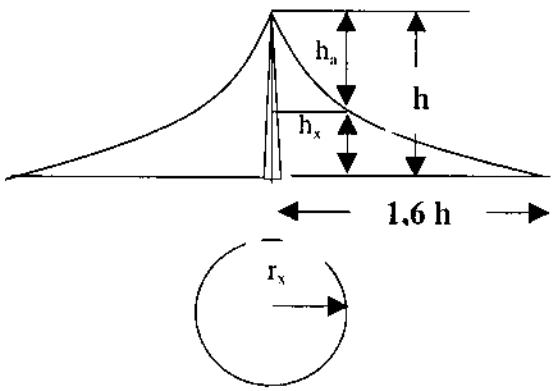
1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1.1. Phạm vi bảo vệ của cột thu lôi đơn

Bán kính vùng bảo vệ của thu lôi đơn

Với chiều cao h ≤ 30 m

$$r_x = \frac{1{,}6.h.h_a}{h+h_x}, \qquad (8.1)$$



Hình 8.1. Vùng bảo vệ cột thu lôi đơn.

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

$$1{,}6h^2 - (r_x+1{,}6h_x)h - r_xh_x = 0 \qquad (8.2)$$

Khi h > 30 m:

$$r_x = \frac{1{,}6.h.h_a}{h+h_x}.P \qquad (8.3)$$

Hệ số hiệu chỉnh $$p = \frac{5{,}5}{\sqrt{h}} \qquad (8.4)$$

Tức là $$r_x = \frac{8{,}8.h.h_a}{(h+h_x)\sqrt{h}} \qquad (8.5)$$

1.2. Phạm vi bảo vệ của cột thu lôi kép

Độ cao của đường đặc tính bảo vệ

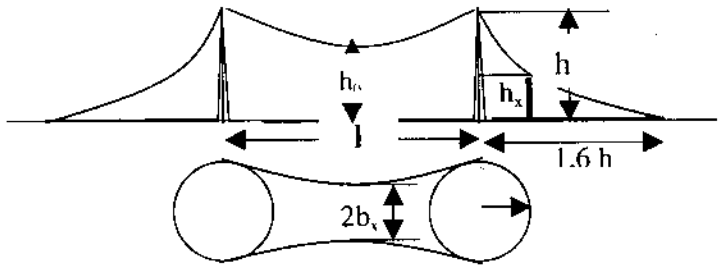
$$h_0 = h - \frac{l}{7} \qquad (8.6)$$

Khi h > 30m

$$h_0 = h - \frac{l}{7p} \qquad (8.7)$$

Bề rộng của vùng bảo vệ được xác định:

$$2b_x = \frac{7h_a - l}{14h_a - l} 4r_x \qquad (8.8)$$



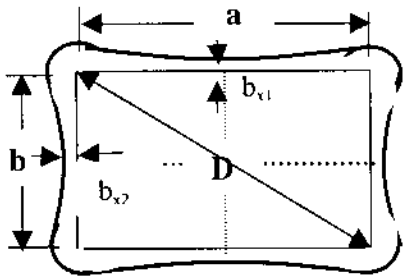
Hình 8.2. Vùng bảo vệ cột thu lôi kép.

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 thoả mãn điều kiện:

nếu $h \leq 30$ m: $D \leq 8h_a$ (8.9)

nếu $h > 30$ m $D \leq 8h_a.P$. (8.10)



Hình 8.3. Vùng báo 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:

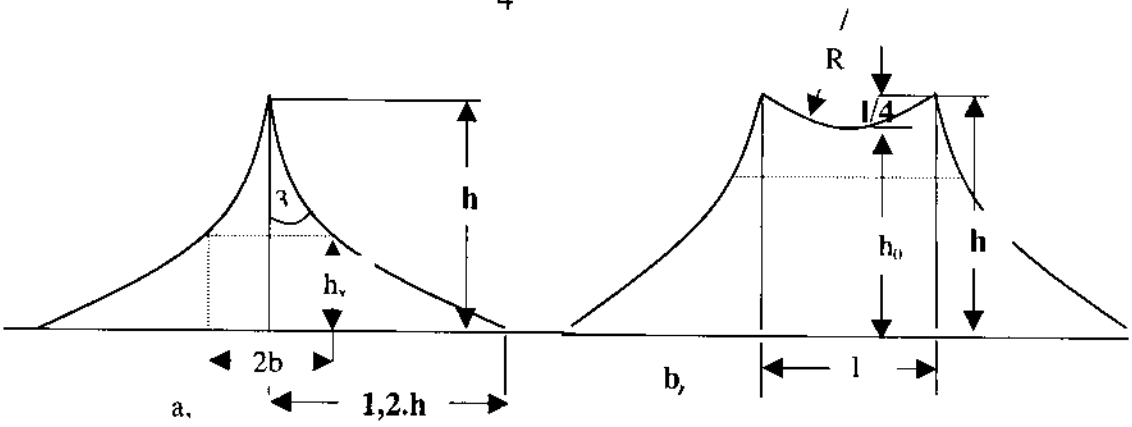
- Khi $h_x > \frac{2}{3}$, thì $b_x = 0{,}6h\,(1 - \frac{h_x}{h})$. (8.11)

Tức là chiều cao tối thiểu để treo dây chống sét là

$$h = \frac{b_x + 0{,}6.h_x}{0{,}6} \quad (8.12)$$

Khi $h_x \le \frac{2}{3}h$, thì $b_x = 1{,}2h(1 - \frac{h_x}{0{,}8.h})$. (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.

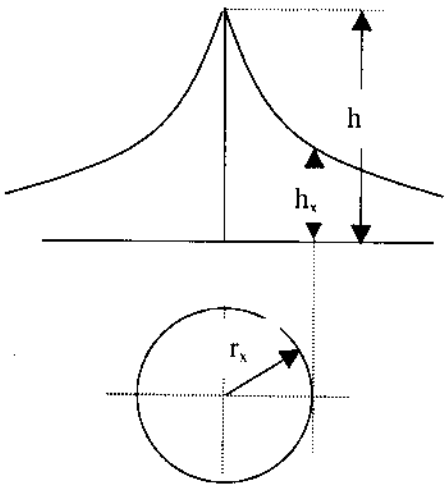
2. BÀI GIẢI MẪU

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)

$$r_x = \frac{1,6.h.h_a}{h + h_x} = \frac{1,6.25.10,5}{25 + 14,5}$$

$$= 10,63 \text{ m.}$$

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 m nên bán kính của vùng bảo vệ ứng với chiều cao h_x xác định theo biểu thức

$$r_x = \frac{8,8.h.h_a}{(h + h_x)\sqrt{h}} = \frac{18,8.36.10,5}{(36 + 25,5)\sqrt{36}} = 9 \text{ m.}$$

Bài 8.3: Xác định vùng bảo vệ của cột thu lôi kép có chiều cao h =27,4 m bảo vệ cho thiết bị có chiều cao h_x = 18,25 m. Khoảng cách giữa hai cột thu lôi là l = 38,25 m.

Giải:

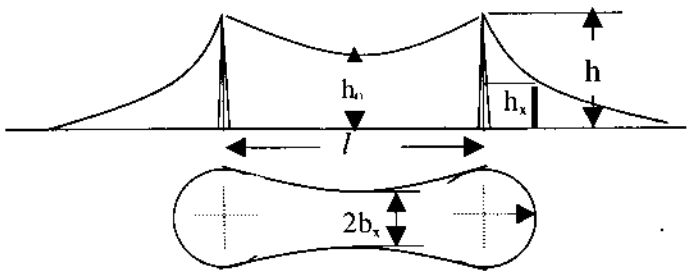
Chiều cao hiệu dụng:

$$h_a = 27,4 - 18,25 = 9,15 \text{ m.}$$

Bán kính vùng bảo vệ ở độ cao h_x

$$r_x = \frac{1,6.h.h_a}{h + h_x} =$$

$$= \frac{1,6.27,4.9,15}{27,4 + 18,25} = 8,79 \text{ m}$$



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):

$$2b_x = \frac{7.h_a - l}{14.h_a - l}.4r_x = \frac{7.9,15 - 38,25}{14.9,15 - 38,25}.4.8,79 = 10,09 \text{ m.}$$

Chiều cao h_0, $h_0 = h - \frac{l}{7} = 27,4 - \frac{38,25}{7} = 21,94$ 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

$$r_x = \frac{8,8.h.h_a}{(h + h_x)\sqrt{h}} = \frac{18,8.41,5.8,8}{(41,5 + 32,7)\sqrt{41,5}} = 6,72 \text{ m.}$$

Bề ngang hẹp nhất của vùng bảo vệ xác định theo biểu thức :

$$2b_x = \frac{7.h_a - 1}{14.h_a - 1}.4r_x = \frac{7.8,8 - 34}{14.8,8 - 34}.4.6,72 = 8,32 \text{ m.}$$

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 axb = 10 x6 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:

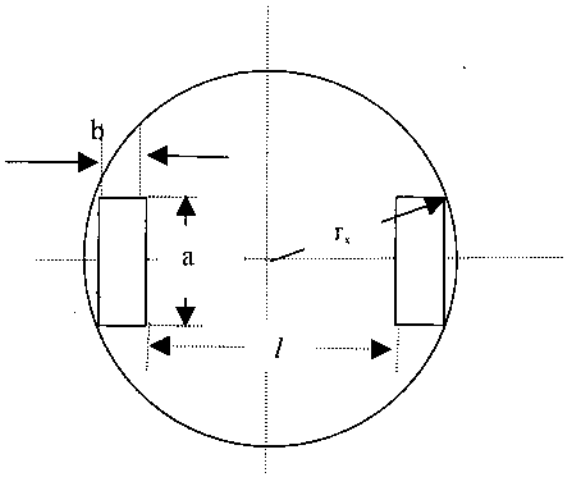
$$r_x = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + b\right)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{23}{2} + 6\right)^2 + \left(\frac{10}{2}\right)^2} = 18,2 \text{ m;}$$

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:



Hình 8.7. Sơ đồ tính toán chống sét bài toán 8.5

$1,6h^2 + (18,2 + 1,6 . 8,5).h - 18,2 . 8,5 = 0$

$1,6h^2 - 31,8\ h - 154,7 = 0;$

Giải phương trình bậc hai ta tìm được

$$\Delta = B^2 - 4AC = 31,8^2 + 4.1,6.154,7 = 2001,35$$

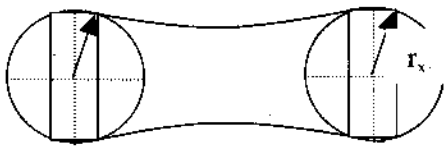
$$h_1 = \frac{-B + \sqrt{\Delta}}{2A} = \frac{31,8 + \sqrt{2001,35}}{2.1,6} = 23,92 \text{ m}; h_2 = -4,04 \text{ m}$$

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 trên tương tự như trên

$$1,6\ h^2 - 19,43.h - 49,56 = 0;$$

Giải phương trình bậc hai tương tự như trên ta tìm được $\Delta = 694,76$

$h_1 = 14,31$ m; $h_2 = -2,16$ m (bỏ nghiệm h_2 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

$$h_\Sigma = 2 . 5,81 = 12,3 \text{ m}.$$

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 thây 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 axb = 12 x5,5 m, chiều cao h_x = 9,6 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

$1,6h^2 - (r_x+1,6h_x)h - r_xh_x = 0;$

Thay số vào ta được phương trình bậc hai:

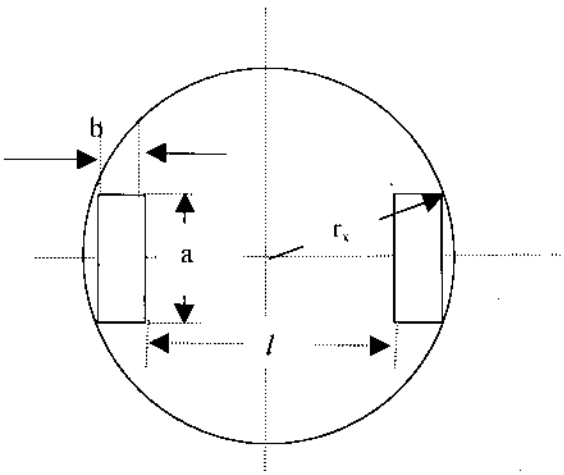
$$1,6h^2 - 41,56\,h - 251,49 = 0;$$

Giải phương trình bậc hai ta tìm được

$\Delta = B^2 - 4.A.C = 3336,44$

$$h_1 = \frac{-B+\sqrt{\Delta}}{2A} = \frac{41,56+\sqrt{3336,44}}{2.1,6} =$$

$= 31,04$ m; $h_2 = -5,06$ m



Hình 8.8. Sơ đồ tính toán chống sét bài toán 8.6.

Loại bỏ nghiệm h_2 vì không phù hợp. 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

$$r'_x = r_x.P = r_x\frac{5,5}{\sqrt{h}} = 26,2.\ \frac{5,5}{\sqrt{31,04}} = 26,2\ .\ 0,964 = 25,86 \text{ m};$$

Phương trình mới nhận được có dạng

$$1,6h^2 - 41,22\,h - 248,27 = 0;$$

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

$$1,6\,h^2 - 21,96.h - 63,36 = 0;$$

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: $h_0 = h - \dfrac{l}{7.P} = 16,17 - \dfrac{40}{7.0,964} = 10,34 \text{ m} > h_x = 9,6 \text{ m}$

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 axb =16x6 m, cao 18,5 m. (hình 8.9)

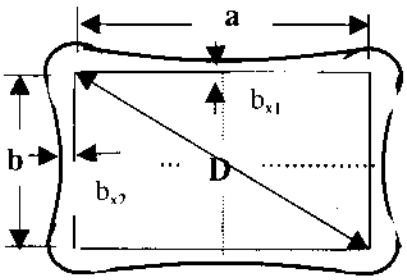
Giải: Đối với toà nhà có thể bảo vệ chống sét bằng cách xây dựng các cột chống sét ngay trên tầng thượng theo các phương án sau:

Đặt 4 cột thu lôi ở 4 góc. Đặt hai dãy 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

$$D = \sqrt{16^2 + 6^2} = 17,01 \text{ m}.$$



Hình 8.9. Sơ đồ tính toán chống sét bài toán 8.7.

Chiều cao hiệu dụng của cột thu lôi

$$h_a \geq D/8 = 17,01/8 = 2,14 \text{ m}.$$

Chọn $h_a = 2,2$ 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:

$$r_x = \frac{1,6.h.h_a}{h + h_x} = \frac{1,6.20,7.2,2}{20,7 + 18,5} = 1,86 \text{ m}$$

Chiều cao h_0: $h_{01} = h - \frac{a}{7} = 20,7 - \frac{16}{7} = 18,4 < 18,5$ 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);

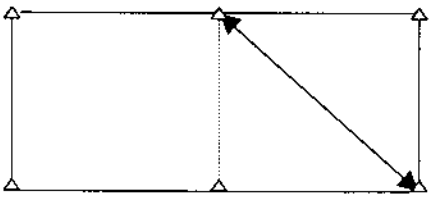
$$b_{x2} = \frac{7h_a - b}{14h_a - b} 2.r_x = \frac{7.2,2 - 6}{14.2,2 - 6} 2.1,86 = 1,41 \text{ m}$$

Như vậy theo phương án này để đảm bảo cho hệ thống thu lôi có thể bảo vệ an toàn cho toà 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'

$$D' = \sqrt{(16/2)^2 + 6^2} = 10 \text{ m}.$$



$h_a \geq D'/8 = 10/8 = 1,25$ m. Chọn $h_a = 1,5$ m.

Tính toán tương tự như trên, kết quả ghi trong bảng

So sánh 2 phương án

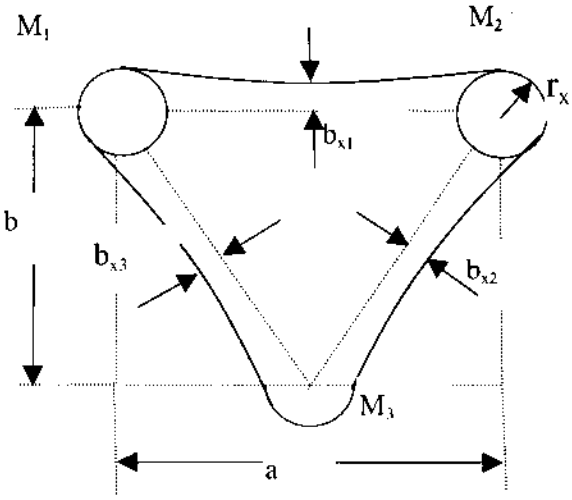
Phương án 1 có tổng chiều cao cột là 4. 2 = 8 m.

Phương án 2 có tổng chiều cao cột là 6. 1,3 = 7, 8 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?



Hình 8.10. Sơ đồ tính toán bảo vệ chống sét bài 8.8.

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

$$r_x = \frac{1,6.h.h_a}{h + h_x} = \frac{1,6.22,5.2,5}{22,5 + 20} =$$

$$= 2,12 \text{ m}.$$

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)

$$b_{x1} = \frac{7.h_a - a}{14.h_a - a} 2.r_x = \frac{7.2,5 - 13}{14.2,5 - 13} 2.2,12 = 0,87\text{m}$$

$$b_{x2} = b_{x3} = \frac{7.h_a - l_{23}}{14.h_a - l_{23}} 2.r_x = \frac{7.2,5 - 10,31}{14.2,5 - 10,31} 2.2,12 = 1,23 \text{ m}.$$

Chiều cao đường đặc tính bảo vệ

$$h_{01} = h - \frac{a}{7} = 22,5 - \frac{13}{7} = 20,64;$$

$$h_{02} = h_{03} = h - \frac{l_{23}}{7} = 22,5 - \frac{10,31}{7} = 21,03\text{m}$$

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 thông chống sét có thể ddược 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

$$2\,b_x = 2.4,2 = 8,4 \text{ m, tức là } b_x = 4,2 \text{ m}$$

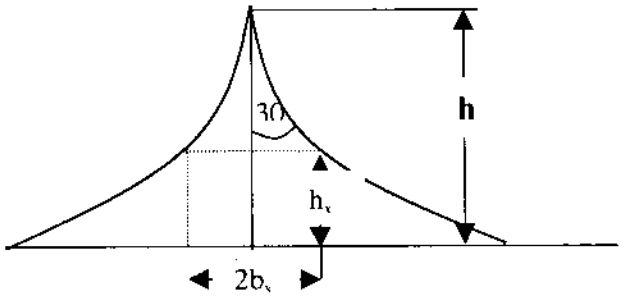
Với $h_x > 2h/3$, Chiều cao treo dây chống sét tối thiểu là

$$h = \frac{b_x + 0,6.h_x}{0,6} = \frac{4,2 + 0,6.12}{0,6} =$$

$$= 19 \text{ m}$$

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 $b_x = 4,2/2 = 2,1$ m.

Chiều cao treo dây chống sét

$$h = \frac{2,1 + 0,6.12}{0,6} = 15,5 \text{ m.}$$

Chiều cao hiệu dụng

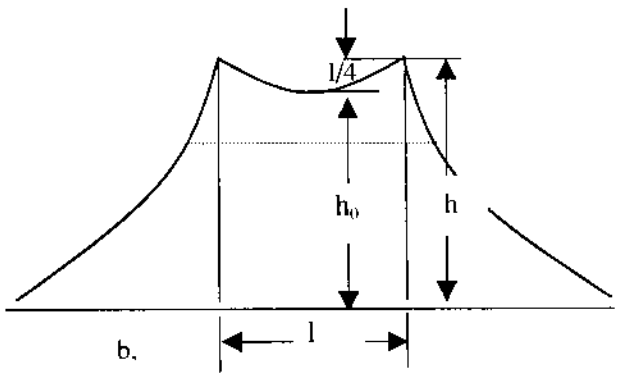
$$h_a = h - h_x = 15,5 - 12 =$$

$$= 3,5 \text{ m}$$

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 x 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 x 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 =20,5x7,6 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

$$p_{CL} = \int_{v_{cp}^-}^{v_{cp}^+} \frac{1}{\sigma_v \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v-v_{tb})^2}{2\sigma_v^2}} dv = F(x_2) - F(x_1); \qquad (9.1)$$

F(x) - hàm Laplace ;

với
$$x_1 = \frac{v_{cp}^- - v_{tb}}{\sigma_v}; \quad x_2 = \frac{v_{cp}^+ - v_{tb}}{\sigma_v}. \qquad (9.2)$$

Độ lệch chuẩn của độ lệch điện áp: $\sigma_V = \frac{\sigma_u}{U_n} 100\%$ (9.3)

Độ lệch chuẩn của điện áp σ_U $\sigma_u = \frac{U_M - U_{min}}{6}$ (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:

$$v_{tb} = \frac{U_{tb} - U_n}{U_n}; \qquad (9.5)$$

Giá trị điện áp trung bình có thể xác định:

$$U_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^{n} U_i}{n}$$

trong đó: U_i – giá trị điện áp của phép đo thứ i;

n – số phép đo.

Hoặc $$U_{tb} = \frac{U_M + U_{min}}{2} \quad (9.6)$$

Thời gian chất lượng: $T_{CL} = p_{CT}T$ (9.7)

Điện năng chất lượng: $A_{CL} = p_{CT}.A$

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

$$U_1 = \frac{1}{3}(U_A + U_B + U_C) \quad (9.8)$$

$$U_2 = \frac{1}{3}(U_A + a.U_B + a^2U_C)$$

$$U_0 = \frac{1}{3}(U_A + a^2U_B + a.U_C)$$

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

$$k_{kdx} = \frac{U_2}{U_n}100\% \quad (9.9)$$

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: $M_{1R} = (I_A + I_B + I_C)\cos\varphi$;

$M_{1X} = (I_A + I_B + I_C)\sin\varphi$;

$$M_{2R} = I_A\cos\varphi - \frac{1}{2}(I_B + I_C)\cos\varphi - \frac{\sqrt{3}}{2}(I_B - I_C)\sin\varphi;$$

$$M_{2X} = I_A\sin\varphi - \frac{1}{2}(I_B + I_C)\sin\varphi + \frac{\sqrt{3}}{2}(I_B - I_C)\cos\varphi; \qquad (9.11)$$

$$M_{0R} = I_A\cos\varphi - \frac{1}{2}(I_B + I_C)\cos\varphi - \frac{\sqrt{3}}{2}(I_B - I_C)\sin\varphi;$$

$$M_{0X} = I_A\sin\varphi - \frac{1}{2}(I_B + I_C)\sin\varphi - \frac{\sqrt{3}}{2}(I_B - I_C)\cos\varphi;.$$

* 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:

$$I_1 = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 + 4\alpha\sqrt{3}}{6}}, A; \qquad (9.12)$$

$$I_2 = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 - 4\alpha\sqrt{3}}{6}}, A; \qquad (9.13)$$

$$I_0 = 0$$

trong đó: $$\alpha = \sqrt{b(b - I_A)(b - I_B)(b - I_C)}; \qquad (9.14)$$

$$b = \frac{I_A + I_B + I_C}{2} \qquad (9.15)$$

Hệ số phi đối xứng:

$$k_{kdx} = \frac{I_2}{I_1}.100\ \%$$

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: $$U_{Pa1} = \frac{U_n U_{r1} + U_{v1}\Delta U_1}{U_{v1}} \qquad (9.16)$$

ở chế độ cực tiểu: $U_{pa2} = \dfrac{U_n U_{r2} + U_{v2}\Delta U_2}{U_{v2}}$.

Đầu phân áp trung bình là:

$$U_{pa} = \frac{U_{pa1} + U_{pa2}}{2}. \qquad (9.17)$$

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', ở chế độ phụ tải cực đại và U''$_r$ ở chế độ phụ tải cực tiểu.

$$U_{pa1} = (U'_v - \Delta U'_{Ba}).\frac{U_{kt}}{U'_r} \qquad (9.18)$$

$$U_{pa2} = (U''_v - \Delta U''_{Ba}).\frac{U_{kt}}{U''_r}$$

Giá trị trung bình: $U_{pa} = \dfrac{U_{pa1} + U_{pa2}}{2}$; (9.19)

U_{kt} - điện áp không tải của cuộn thứ cấp, giá trị của U_{kt} có thể lấy

$U_{kt} = 1{,}1U_n$ nếu $U_k\% > 7{,}5\%$

$U_{kt} = 1{,}05U_n$ 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:

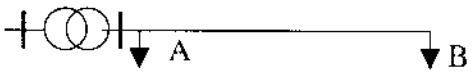
$$U_{pa(c)} = \frac{U_c - (\Delta U_c + \Delta U_H)}{U_H}.U_{kt}. \qquad (9.20)$$

Đầu phân áp ở cuộn trung áp

$$U_{pa(T)} = \frac{U_{pa(c)}.U_T}{U_c - (\Delta U_c + \Delta U_T)}.$$

d. Chọn đầu phân áp ở trạm biến áp tiêu thụ:

$$v^{+}_{cp} \geq v''_{A} + E \; ; \quad (9.21)$$



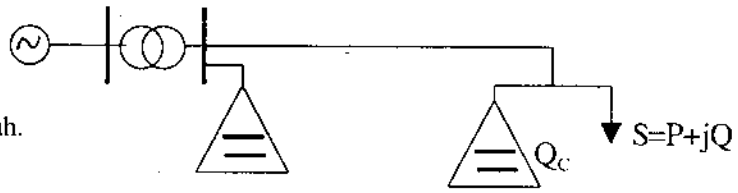
Và $v^{-}_{cp} \leq v'_{B} + E$

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:

$$Q_b = \frac{V_u.10^2}{\sum_{i=1}^{N} V_b\%} \text{, kVAr} \quad (9.23)$$

trong đó:

v_u - độ lệch tính toán $\quad v_u = v^{-}_{cp} - v_{tb}$; (9.24)

v_{tb} - độ lệch điện áp trung bình thực tế ở đầu vào của hộ dùng điện;

$v_{bi}\%$ - 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

$$Q_{bd} = K.S \quad (9.25)$$

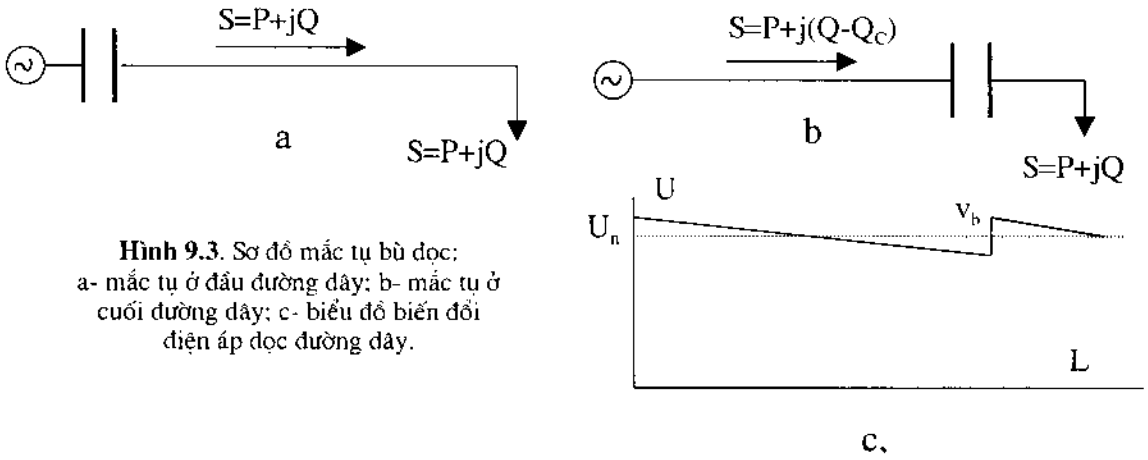
K - hệ số xác định theo biểu thức

$$K = \sin\varphi - \sqrt{(\frac{U_V}{U_r})^2 - \cos^2\varphi} \text{ ,} \quad (9.26)$$

trong đó: U_v, U_r - điện áp trước và sau tụ bù dọc;

cosφ - 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.

$$X_{tt} = \frac{Q_{bd}}{3I^2} \qquad (9.27)$$

I - dòng điện chạy trên đường dây

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} \qquad (9.28)$$

Căn cứ vào X_{tt} để chọn các bộ tụ sao cho $X_C \le X_d$

Công suất phát thực tế của tụ bù dọc:

$$Q_{Cd} = 3I^2X_C \qquad (9.29)$$

Độ gia tăng điện áp khi đặt tụ bù dọc

$$v_c = \lambda\,(\sin\varphi - 0{,}5\,\lambda\cos^2\varphi)\ ; \qquad (9.30)$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{3}U_{cn}I}{U_V I_{cn}}\ ; \qquad (9.31)$$

U_{cn}, I_{cn} - điện áp dòng điện định mức của tụ.

Điện áp ra $\qquad U_r = U_v(1 + v_c) \qquad (9.32)$

Bội số quá điện áp khi ngắn mạch 3 pha:

$$\beta_{tt} = \frac{I_K^{(3)} \cdot X_K}{U_{CB}} \le \beta_{cp} \qquad (9.33)$$

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 $\nu_{cp} = \pm 5\ \%$

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:

$$U_{th} = \frac{\sum U_i}{n} = \frac{9210}{24} = 383{,}75\ V$$

Độ lệch điện áp trung bình

$$\nu_{th} = \frac{U_{tb} - U_n}{U_n}.100 = \frac{383{,}75 - 380}{380}.100 = 0{,}987\%$$

Độ lệch chuẩn của điện áp

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{\sum (U_i - U_{th})^2}{n}} = \sqrt{\frac{2295{,}88}{24}} = 9{,}78\ V$$

Độ lệch chuẩn của độ lệch điện áp

$$\sigma_\nu = \frac{\sigma_u}{U_n}.100 = \frac{9{,}78}{380}.100 = 2{,}57\%$$

Xác định giá trị của đối số hàm Laplace

$$x_1 = \frac{\nu_{cp}^- - \nu_{th}}{\sigma_\nu} = \frac{-5 - 0{,}987}{2{,}57} = -2{,}33$$

$$x_2 = \frac{v_{cp}^{+} - v_{th}}{\sigma_v} = \frac{5 - 0,987}{2,57} = 1,56$$

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

$$T_{cl} = p_{cl}.24 = 0,9295.24 = 22,308 \text{ h}$$

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: $U_M = 402$ V và $U_{min} = 370$ V;

Điện áp trung bình: $U_{th} = \frac{U_M + U_{min}}{2} = \frac{402 + 370}{2} = 386$ V;

Độ lệch điện áp trung bình

$$v_{th} = \frac{U_{th} - U_n}{U_n}100 = \frac{386 - 380}{380}100 = 1,59\%;$$

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

$$\sigma_v = \frac{\sigma_u}{U_n}100 = \frac{5,33}{380}.100 = 1,4\%;$$

Xác định giá trị của đối số hàm Laplace

$$x_1 = \frac{v_{cp}^{-} - v_{th}}{\sigma_v} = \frac{-5 - 1,59}{1,4} = -2,78$$

$$x_2 = \frac{v_{cp}^{+} - v_{th}}{\sigma_v} = \frac{5 - 1,59}{1,4} = 2,44$$

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

$$T_{cl} = p_{cl}.24 = 0,9896.24 = 23,75 \text{ h}.$$

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:

a) khi phụ tải chủ yếu là sinh hoạt;

b) 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

$$v_{tb} = \frac{U_{tb} - U_n}{U_n}.100 = \frac{213,125 - 220}{220}.100 = -3,125\%$$

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

$$\sigma_v = \frac{\sigma_u}{U_n}.100 = \frac{9,66}{220}.100 = 4,393\%$$

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:

$$T_{cl} = p_{cl}.24 = 0,8032.24 = 19,28 \text{ h}$$

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:

$$T_{cl} = p_{cl}.24 = 0,4084.24 = 9,8 \text{ h}$$

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, cosφ = 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 $x_0 = 0,30\ \Omega$ /km.

Dòng công suất tác dụng và phản kháng trên đường dây

$$P = S.\cos\varphi = 63.\ 0,8 = 50,4\ kW \text{ và } Q = S.\sin\varphi = 63.\ \sqrt{1-0,8^2} = 37,8\ kVAr$$

Xác định hao tổn điện áp ở chế độ phụ tải cực đại theo biểu thức

$$\Delta U' = \frac{P.r_0 + Q.x_0}{U_n} = \frac{50,4.0,33 + 2 = 37,8.0,3}{380}.0,54 = 40,47V$$

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

$$\Delta U'' = \frac{\Delta U'}{4} = \frac{40,47}{4} = 10,116\ V$$

Giá trị điện áp cực đại

$$U_M = U_{Md} - \Delta U'' = 386 - 10,116 = 375,884\ V$$

Giá trị điện áp cực tiểu

$$U_{min} = U_{mind} - \Delta U' = 375 - 40,47 = 334,53\ V$$

Điện áp trung bình

$$U_{tb} = \frac{U_M + U_{min}}{2} = \frac{375,884 + 334,53}{2} = 355,2\ V$$

Độ lệch điện áp trung bình

$$v_{tb} = \frac{U_{tb} - U_n}{U_n}100 = \frac{355,2 - 380}{380}100 = -7,98\%;$$

Độ lệch trung bình bình phương của điện áp

$$\sigma_u = \frac{U_M - U_{min}}{6} = \frac{375,884 - 334,53}{6} = 6,89V$$

Độ lệch trung bình bình phương của độ lệch điện áp

$$\sigma_v = \frac{\sigma_u}{U_n}100 = \frac{6,89}{380}.100 = 1,79\%$$

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 Ω/km) cung cấp cho 2 điểm tải: sinh hoạt có công suất 35 kVA, cosφ = 0,86 và phụ tải chiếu sáng công suất 24 kVA, hệ số cosφ = 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:

$$v^+_{cp.tb} = \frac{\Sigma S_i . v^+_{cpi}}{\Sigma S_i} = \frac{35.7,5 + 24.5}{35 + 24} = 6,48\ \%$$

$$v^-_{cp.tb} = \frac{\Sigma S_i . v^-_{cpi}}{\Sigma S_i} = \frac{35.(-7,5) + 24.(-2,5)}{35 + 24} = -5,47\ \%$$

Biểu thị công suất dưới dạng số phức:

$$S_{sh} = 35.0,86 + j\,35.\sqrt{1 - 0,86^2} = 30,1 + j\,17,86\ \text{kVA}$$

$$S_{cs} = 24.0,93 + j\,24.\sqrt{1 - 0,93^2} = 22,32 + j\,8,82\ \text{kVA}$$

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

$$\Delta U' = \frac{P.r_0 + Q.x_0}{U_n} l = \frac{52,42.0,27 + 26,68.0,3}{380}.0,62 = 36,35 \text{ V}$$

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:

$$\sigma_v = \frac{\sigma_u}{U_n} 100 = \frac{6,89}{380}.100 = 1,7\%$$

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)

$$I_1 = \frac{1}{3}(I_A + I_B + I_C) = \frac{1}{3}(216 + 205 + 187) = 202,67$$

$$I_2 = \frac{1}{3}(I_A + a.I_B + a^2 I_C) = \frac{1}{3}[216 + 205(-0,5 + j.0,87) + 187.(-0,5 - j\,0,87)]$$

$$= 6,67 + j\,5,22 = 8,47$$

$$I_0 = \frac{1}{3}(I_A + a^2 I_B + a.I_C) = \frac{1}{3}[216 + 205(-0,5 - j.0,87) + 187.(-0,5 + j\,0,87)]$$

$$= 0,87 - j\,5,22 = 5,29.$$

Xác định các hệ số

$$k_{kdx} = \frac{I_2}{I_1}.10 = \frac{8,47}{202,67}100 = 4,17\%$$

$$k_{keb} = \frac{I_0}{I_1}.100 = \frac{5,29}{202,67}100 = 2,61\%$$

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)

$$M_{1R} = (I_A + I_B + I_C).\cos\varphi = (216 + 205 + 187).0,88 = 535,04.$$

$$M_{1X} = (I_A + I_B + I_C).\sin\varphi = (216 + 205 + 187).0,475 = 288,784.$$

$$M_{2R} = I_A\cos\varphi - 0,5.(I_B + I_C)\cos\varphi - \frac{\sqrt{3}}{2}(I_B - I_C)\sin\varphi =$$

$$= 216.0,88 - 0,5.(205+187).0,88 - \frac{\sqrt{3}}{2}(205-187).0,475 = 10,2$$

$$M_{2X} = I_A\sin\varphi - 0,5.(I_B + I_C)\sin\varphi + \frac{\sqrt{3}}{2}(I_B - I_C)\cos\varphi =$$

$$= 216.0,475 - 0,5(205+187).0,475 + \frac{\sqrt{3}}{2}(205-187).0,88 = 2,32$$

$$M_{0R} = I_A\cos\varphi - 0,5.(I_B + I_C)\cos\varphi - \frac{\sqrt{3}}{2}(I_B - I_C)\sin\varphi =$$

$$= 216.0,88 - 0,5.(205+187).0,88 - \frac{\sqrt{3}}{2}(205-187).0,475 = 10,2$$

$$M_{0X} = I_A\sin\varphi - 0,5.(I_B + I_C)\sin\varphi - \frac{\sqrt{3}}{2}(I_B - I_C)\cos\varphi =$$

$$= 216.0,475 - 0,5.(205+187).0,475 - \frac{\sqrt{3}}{2}(205-187).0,88 = -4,22.$$

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

$$k_{kdx} = \frac{I_2}{I_1}.1 = \frac{8,45}{202,67}100 = 4,17\%;$$

$$k_{keb} = \frac{I_0}{I_1}.100 = \frac{3,68}{202,67}100 = 1,81\%$$

Các kết quả tính toán được thể hiện trong bảng sau:

Gía trị các thành phần đối xứng của dòng điện, A			Hệ số phi đối xứng, %	
I_1	I_2	I_0	k_{kdx}	k_{keb}
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 cồng kềnh 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

$$b = \frac{I_A + I_B + I_C}{2} = \frac{216 + 205 + 187}{2} = 304$$

$$\alpha = \sqrt{b(b - I_A)(b - I_B)(b - I_C)} = \sqrt{304.(304 - 216)(304 - 205)(304 - 187)} =$$

$$= 17603,1$$

Xác định các thành phần dòng điện:

$$I_1 = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 + 4\alpha\sqrt{3}}{6}} = \sqrt{\frac{216^2 + 205^5 + 187^2 + 4.17603,1\sqrt{3}}{6}} = 202,32 \text{ A}$$

$$I_2 = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 - 4\alpha\sqrt{3}}{6}} = \sqrt{\frac{216^2 + 205^5 + 187^2 - 4.17603,1\sqrt{3}}{6}} = 16,79 \text{ A}$$

Hệ số phi đối xứng:

$$k_{kdx} = \frac{I_2}{I_1}.100 = \frac{16,79}{202,67}100 = 8,3\%$$

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 $U'_V = 6,3$ kV và ở chế độ cực tiểu là $U''_V = 6,55$ kV; và điện áp ở đầu ra tương ứng là $U'_R = 32$; $U''_R = 34,5$ kV. Phụ tải của máy biến áp là S = 2680 kVA; hệ số công suất cosφ = 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 kVA; hao tổn công suất ngắn mạch ΔP_k = 37 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:

$$Z_{BA} = \frac{U_k.U^2}{100.S_{BA}} = \frac{7.6,6^2}{100.3,2} = 0,95\ \Omega$$

$$R_{BA} = \frac{\Delta P_k U^2}{S_{BA}^2} = \frac{37.6,6^2}{3,2^2} 10^{-3} = 0,16\ \Omega$$

$$X_{BA} = \sqrt{0,95^2 - 0,16^2} = 0,94\ \Omega;$$

Hao tổn điện áp trong máy biến áp:

- ở chế độ phụ tải cực đại:

$$\Delta U' = \frac{S.\cos\varphi.R_{ba} + S.\sin\varphi.X_{ba}}{U} = \frac{2680.0,82.0,16 + 2680.0,57.0,94}{6,6}.10^{-3} = 0,27\ kV;$$

- ở chế độ phụ tải cực tiểu:

$$\Delta U'' = \frac{\Delta U''}{4} = \frac{0,27}{4} = 0,068\ kV.$$

Xác định giá trị đầu phân áp

ở chế độ cực đại:

$$U_{Pa1} = \frac{U_n U_{r1} + U_{v1}\Delta U_1}{U_{v1}} = \frac{6,6.32 + 6,3.0,27}{6,3} = 33,79\ kV;$$

ở chế độ cực tiểu:

$$U_{Pa2} = \frac{U_n U_{r2} + U_{v2}\Delta U_2}{U_{v2}} = \frac{6,6.34,5 + 6,55.0,068}{6,55} = 34,83\ kV.$$

Giá trị trung bình:

$$U_{pa} = \frac{U_{pa1} + U_{pa2}}{2} = \frac{33,79 + 34,83}{2} = 34,31\ kV$$

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 kV và ở chế độ cực tiểu là U''_V = 35,6 kV; và điện áp ở đầy ra tương ứng là U'_R = 9,7 ; U''_R = 10,4 kV. Phụ tải qua máy biến áp là S = 1680 kVA; hệ số công suất cosφ = 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 ΔP_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:

$$Z_{BA} = \frac{U_k.U^2}{100.S_{BA}} = \frac{6,5.35^2}{100.1,8} = 44,24\ \Omega$$

$$R_{BA} = \frac{\Delta P_k U^2}{S_{BA}^2} = \frac{24.35^2}{1,8^2}10^{-3} = 9,07\ \Omega$$

$$X_{BA} = \sqrt{44,24^2 - 9,07^2} = 43,3\ \Omega$$

Hao tổn điện áp trong máy biến áp:

ở chế độ phụ tải cực đại:

$$\Delta U' = \frac{S.\cos\varphi.R_{ba} + S.\sin\varphi.X_{ba}}{U} = \frac{1680.0,8.9,07 + 1680.0,6.43,3}{35}.10^{-3} = 1,6kV;$$

ở chế độ phụ tải cực tiểu:

$$\Delta U'' = \frac{\Delta U''}{4} = \frac{1,6}{4} = 0,4\ kV.$$

Điện áp không tải:

$$U_{kt} = 1,05.\ U_2 = 1,05.10,5 = 11,025\ kV$$

Xác định giá trị đầu phân áp

$$U_{pa1} = (U'_v - \Delta U').\ \frac{U_{kt}}{U_r'} = (\ 34 - 1,6).\ \frac{11,025}{9,7} = 36,83\ kV;$$

$$U_{pa2} = (U''_v - \Delta U'').\ \frac{U_{kt}}{U_r''} = (\ 35,6 - 0,4).\ \frac{11,025}{10,4} = 37,32\ kV.$$

Giá trị trung bình:

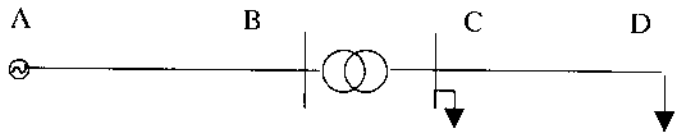
$$U_{pa} = \frac{U_{pa1} + U_{pa2}}{2} = \frac{36,83 + 37,32}{2} = 37,07\ kV.$$

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 :

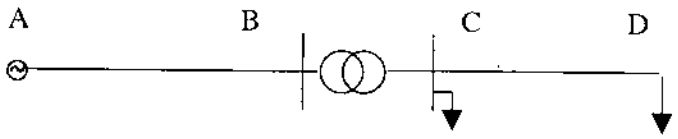
$$v''_C = v''_A - 0,25(\Delta U'_{AB} + \Delta U'_{BC}) = 3,5 - 0,25(1,4+3,02) = 2,395\ \%$$

Điều kiện để chọn nấc là:

$$E_1 \le v^+_{cp} - v''_C = 7,5 - 2,395 = 5,105\% \quad \text{và} \quad E_2 \ge v^-_{cp} - v'_d = -7,5 + 10,72 = 3,22\%$$

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 :

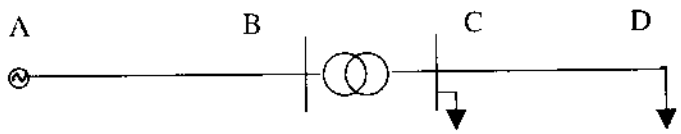
$$\nu''_C = \nu''_A - 0,25(\Delta U'_{AB} + \Delta U'_{BC}) = 2,5 - 0,25(1,2+3) = 1,45\ \%$$

Điều kiện để chọn nấc là:

$$E \le \nu^{+}_{cp} - \nu''_C = 5 - 1,45 = 3,55 \text{ và } \quad E \ge \nu^{-}_{cp} - \nu'_d = -5 + 9,6 = 4,6$$

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 cvho 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 $\nu'_A = 1,5\%$; ở chế độ phụ tải cực tiểu là $\nu''_A = 2,5\%$. 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, $\cos\varphi_1$ = 0,8; Công suất truyền tải trên đường dây hạ áp là S_2 = 36 kVA, $\cos\varphi_H$ = 0,84; Độ lệch điện áp cho phép là: $\nu_{cp} = \pm 5\%$; 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; ΔP_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 Ω/km

Điện trở của máy biến áp

$$R_B = \frac{\Delta P_k U_n^2}{S_{BA}^2} = \frac{4,85.10^2.10^3}{320^2} = 4,74\ \Omega\ ;$$

$$Z_B = \frac{U_k U_{nBA}^2}{100.S_{nBA}} = \frac{4,5.10^2.10^3}{100.320} = 14,06\ \Omega\ ;$$

$$X_B = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = \sqrt{14,06^2 - 4,74^2} = 13,24\ \Omega .$$

Xác định hao tổn điện áp trong máy biến áp theo biểu thức

$$\Delta U\% = \frac{P.R_B + Q.X_B}{U^2.10^3}.100\% = \frac{S.\cos\varphi.R_B + S.\sin\varphi.X_B}{U^2}10^{-1}$$

$$= \frac{(260.0,8.4,74 + 260.0,6.13,24).10^{-1}}{10^2} = 3,05\%$$

Hao tổn điện áp trên đường dây 10 kV

$$\Delta U_{d1}'\% = \frac{P.r_0 + Q.x_0}{U^2_n.10^3}l.100\% = \frac{260.0,8.0,46 + 260.0,6.0,38}{10^2}.5,6.10^{-1} = 0,87\%$$

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 :

$$v''_C = v''_A - 0,25(\Delta U'_{AB} + \Delta U'_{BC}) = 2,5 - 0,25(0,87+3,05) = 1,52\ \%$$

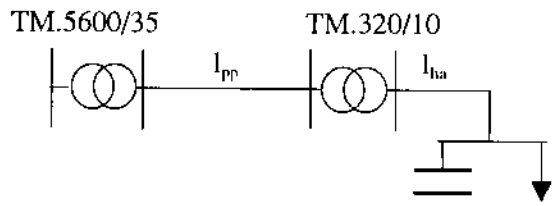
Điều kiện để chọn nấc là:

$$E \le v^+_{cp} - v''_C = 5 - 1,52 = 3,485 \quad \text{và} \quad E \ge v^-_{cp} - v'_d = -5 + 7,45 = 2,45$$

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 kVdài 0,57 km, điện áp trên đầu vào hộ 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}=± 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.

$$\Sigma v_{bo} = 0,19 + 6,4.\ 0,038 + 1,34 + 0,57.\ 21 = 15,93\%$$

Độ lệch điện áp thực tế

$$\nu_{tb} = \frac{328-380}{380}100 = -13,68\%$$

Độ lệch điện áp tính toán

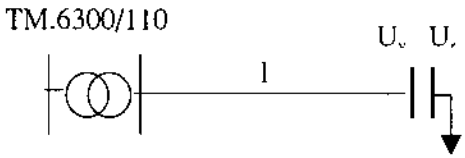
$$\nu_u = \nu_{cp}^{-} - \nu_{tb} = -7,5 - (-13,68) = 6,18\ \%$$

Giá trị công suất cần bù xác định theo biểu thức

$$Q_b = \frac{\nu_u 10^2}{\sum \nu_{b0}} = \frac{6,18}{15,93}10^2 = 38,8\ \text{kVAr}$$

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, cosφ = 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 Ω/km; Với máy biến áp TM.6300/110 ta có hao tổn công suất ngắn mạch ΔP_k = 50 kW, U_k = 10,5%; (bảng 15.pl)[1].

Điện trở của đường dây:

$$R_d = r_0 l = 0,34.\ 24,7 = 8,4\ \Omega \text{ và } X_d = x_0 l = 0,38.\ 24,7 = 10,08\ \Omega$$

Biểu thị công suất dưới dạng phức S = 3000 + j 2250 = 3750 kVA

Hao tổn điện áp trên đường dây

$$\Delta U = \frac{PR_d + QX_d}{U_n} = \frac{3000.8,4 + 2250.10,08}{35}.10^{-3} = 1,37\ \text{kV}$$

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: $U_r = 1,05.U_n = 1,05.\ 35 = 36,75$ 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

$$K = \sin\varphi - \sqrt{(\frac{U_V}{U_r})^2 - \cos^2\varphi} = 0,6 - \sqrt{(\frac{35,63}{36,75})^2 - 0,8^2} = 0,052;$$

$$Q_b = 0,052.3750 = 195,7 \text{ kVAr}.$$

Công suất bù của mỗi pha

$$Q_f = \frac{Q_b}{3} = \frac{195,7}{3} = 65,23 \text{ kVAr}$$

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:

$U_{nC} = 1$ kV, $Q_{nC} = 50$ kVAr; $I_{nC} = 50$ A; $x_C = 20\ \Omega$. mắc song song trên mỗi pha.

Như vậy các tham số định mức của mỗi bộ tụ là

$U_C = 1$ kV, $Q_C = 100$ kVAr $> Q_f$; $I_C = 100$ 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:

$$\nu_b = \lambda(\sin\varphi - 0,5\lambda\cos^2\varphi) = 0,03.(0,6 - 0,5.0,03.0,8^2) = 0,018$$

$$U_{rC} = U_V(1+\nu_b) = 35,63.(1+0,018) = 36,26 \text{ kV}.$$

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

$$Z_{BA} = \frac{U_k.U_{nBA}^2}{100.S_{BA}} = \frac{10,5.37^2}{100.6,3} = 22,81\ \Omega$$

$$R_{BA} = \frac{\Delta P_k U^2}{S_{BA}^2} = \frac{24.10,5^2}{1,8^2}10^{-3} = 1,72\ \Omega$$

$$X_{BA} = \sqrt{4^2 - 0,82^2} = 17,05\ \Omega$$

Tổng trở ngắn mạch:

$$Z = \sqrt{(X_{BA} + X_d - X_C)^2 + (R_{BA} + R_d)^2} = \sqrt{(17,05 + 10,07 - 10)^2 + (1,72 + 8,4)^2} = 25\ \Omega$$

Dòng điện ngắn mạch:

$$I_k^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}.Z_k} = \frac{35}{\sqrt{3}.25} = 0,81\ kA$$

Bội số quá điện áp

$$\beta_{qa} = \frac{I_k^{(3)}X_C}{U_C} = \frac{0,81.10}{1} = 8,1 > \beta_{cp} = 3,5$$

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 kVA, hệ số công suất cosφ = 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 Ω ở cuối đường dây.

c. Mắc tụ bù dọc ở đầu đường dây.

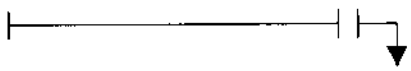
d. Đánh giá chất lượng điện ở trường hợp b, biết điện áp đầu đường dây là U_1 = 400 v, độ lệch điện áp cho phép là ± 7,5%, phụ tải cực tiểu coi bằng 25% phụ tải cực đại.

Giải:

Trước hết ta xác định các giá trị r_0 = 0,34 và x_0 = 0,3 Ω/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:

$$R = r_0.l = 0,34.\ 0,68 = 0,23\ \Omega;$$

$X = x_0.l = 0,3.\ 0,68 = 0,204\ \Omega$

$$\Delta U' = \frac{P.R + Q.X}{U} l = \frac{102,4.0,23 + 76,8.0,204}{0,38} = 103,53V$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U}.100 = \frac{103,53}{0,38.10^3}.100 = 27,24\%$$

b) Khi tụ ở cuối đường dây:

Dòng điện chạy trong dây dẫn

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}.U} = \frac{120}{\sqrt{3}.0,38} = 194,48\ A$$

Công suất của tụ $Q_C = 3.I^2X_C = 3.194,48^2.0,2\ .10^{-3} = 22,69$ kVAr

$$\Delta U = \frac{P.R + (Q - Q_c).(X - X_c)}{U} = \frac{102,4.0,23 + (76,8 - 22,69)(0,204 - 0,2)}{0,38} = 62,87V$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U}.100 = \frac{63,87}{0,38.10^3}.100 = 16,54\%$$

c) Khi tụ ở đầu đường dây

$$\Delta U = \frac{P.R + Q.(X - X_c)}{U} = \frac{102,4.0,23 + 76,8(0,204 - 0,2)}{0,38} = 63,11V$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U}.100 = \frac{63,11}{0,38.10^3}.100 = 16,6\%$$

d) Đánh giá chất lượng điện khi đặt tụ ở cuối đường dây

Khi phụ tải cực tiểu ta có

$$\Delta U'' = \frac{\Delta U'}{4} = \frac{62,87}{4} = 15,72\ V$$

Điện áp cực đại

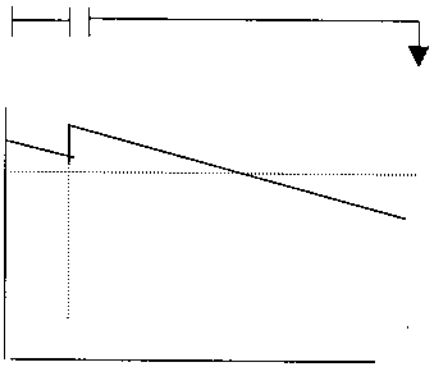
$$U_M = U_n - \Delta U'' = 400 - 15,72 = 384,28\ V$$

Điện áp cực tiểu

$$U_{min} = U_n - \Delta U' = 400 - 62,87 = 337,13\ V$$

$$U_{tb} = \frac{U_{max} + U_{min}}{2} = \frac{384,28 + 337,13}{2} = 360,7V$$

$$\sigma_v = \frac{U_M - U_{min}}{6.U_n}100 = \frac{384,28 - 337,13}{6.380}100 = 2,07\%$$



$$v_{tb} = \frac{U_{tb} - U_n}{U_n}100 = \frac{360,7 - 380}{380}100 = -5,08\%$$

$$x_1 = \frac{v_{cf}^- - v_{tb}}{\sigma_v} = \frac{-7,5 + 5,08}{2,07} = -1,17 \rightarrow F(x_1) = -0,3763$$

$$x_2 = \frac{v_{cf}^+ - v_{tb}}{\sigma_v} = \frac{7,5 + 5,08}{2,07} = 6,08 \rightarrow F(x_2) = 0,4999$$

$$p_{cl} = F(x_2) - F(x_1) = 0,4999 + 0,3763 = 0,8762$$

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} ± 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, cosφ = 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, cosφ = 0,81 và phụ tải chiếu sáng công suất 37 kVA, hệ số cosφ = 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 cosφ = 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 cosφ = 0,82.

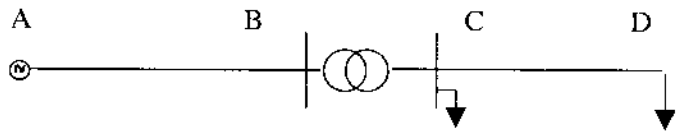
9.10. Số liệu đo đếm của dòng điện các pha của một mạng điện hạ áp 3 pha không dây trung tính là: I_A = 117; I_B = 176 và I_C = 155 A. Hãy đánh giá mức độ đối xứng của mạng điện.

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 đầy 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 cosφ = 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 đầy 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 cosφ = 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)



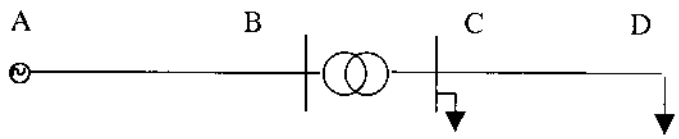
Hình 9.9. Sơ đồ mạng điện bài tập 9.13.

Biết độ lệch điện áp cố định tại thanh cái A ở chế độ phụ tải cực đại là ν'_A = 2,5% ; ở chế độ phụ tải cực tiểu là ν''_A = 4% . Hao tổn điện áp ở chế độ tải cực đại trên các đoạn dây là: ΔU_{AB} = 0,76%, ΔU_{BC} =2,56%; ΔU_{CD}= 7,23%. Độ lệch điện áp cho phép là: ν_{cp} = ± 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 ν'_A = 1,5% ; ở chế độ phụ tải cực tiểu là ν''_A = 3,5% . Hao tổn điện áp ở chế độ tải cực đại trên các đoạn dây là: ΔU_{AB} = 1,75%, ΔU_{BC} =3,65%; ΔU_{CD}= 6,47%. Độ lệch điện áp cho phép là: ν_{cp} = ± 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 :

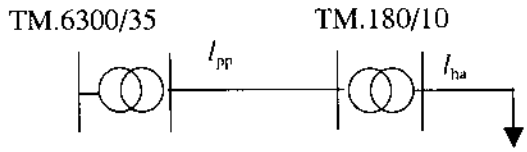


Hình 9.10. Sơ đồ mạng điện bài tập 9.15.

Độ lệch điện áp cố định tại thanh cái A ở chế độ phụ tải cực đại là ν'_A = 1,75% ; ở chế độ phụ tải cực tiểu là ν''_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_I = 450 kVA, $\cos\varphi_I$ = 0,8; Công suất truyền tải trên đường dây hạ áp là S_2 = 45 kVA, $\cos\varphi_{II}$ = 0,82; Độ lệch điện áp cho phép là: ν_{cp} = ± 7,5%; Coi chế độ phụ tải cực tiểu bằng 25% phụ tải ở chế độ cực đại.

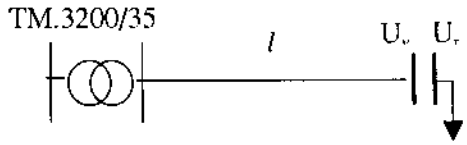
9.16. Sơ đồ mạng điện cho trong hình 10.8.2, bao gồm trạm biến áp trung gian 35/10 kV, công suất 6300 kVA, đường dây phân phối 10 kV dài 5,4 km, trạm biến áp tiêu thụ 10/0,4 kV công suất 180 kVA và đường dây hạ áp 0,38 kVdài 0,45 km, điện áp trên đầu vào hộ dùng

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}=± 7,5%.



Hình 9.11. Sơ đồ mạng điện bài tập 9.16.

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, cosφ = 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.



Hình 9.12. Sơ đồ mạng điện bài tập 9.17.

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 cosφ = 0,82. 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 =0,23 Ω 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 v, độ lệch điện áp cho phép là ± 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:

$$p(t) = e^{-\lambda t}, \qquad (10.1)$$

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.

$$t_f = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} t_{fi}; \qquad (10.2)$$

trong đó: t_{fi} - thời gian phục hồi sự cố thứ i;

n - số lần xảy ra sự cố;

* Thời gian làm việc an toàn trung bình

$$t_p = \frac{1}{\lambda}; \qquad (10.3)$$

* Hệ số dừng

$$k_d = \lambda p(t) = \lambda e^{-\lambda t} \qquad (10.4)$$

1.2. Thiệt hại do mất điện

1.2.1. Thiệt hại do bị ứ đọng vốn đầu tư cố định

$$Y_1 = \frac{\chi_t Z}{8760} t_{fi} \cdot \chi_f, \qquad (10.5)$$

trong đó: Z - chi phí quy đổi của xí nghiệp sản xuất;

t_{fl} - thời gian mất điện;

χ_t- 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 $\chi_t = 1$, hai ca $\chi_t = 0,667$;

χ_f - 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:

$$Y_2 = (g_0.N_0.t_{th} - C).n.\chi_t + \alpha.n.Z_1 \text{ đồng/năm}, \qquad (10.6)$$

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_{th} - 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

$$Y_3 = N_0.(g_0 - g^*).n.t_{th}, \text{ đ/năm}, \qquad (10.7)$$

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_{th} - thời gian mất điện trung bình của mỗi lần sự cố.

1.2.4. Thiệt hại hệ thống:

$$Y_4 = \frac{Z_{hl}}{T_M P_{tt}} A_{th}, \qquad (10.8)$$

trong đó:

Z_{hi} - chi phí quy đổi của hệ thống điện;

T_M - thời gian sử dụng cực đại;

P_u - 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

$$T = t_f + \gamma t_{dk}, \qquad (10.9)$$

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 *l* theo biểu thức:

$$T= \alpha_C L_C+\alpha_{BATG}+\alpha_f L_f- \alpha_f\beta\Delta l_{CL}- \alpha_f\Delta l_{MC}+\alpha_{TT}+\alpha_H L_H, \qquad (10.10)$$

trong đó: α_C, α_f, α_H - suất mất điện trên 1 đơn vị chiều dài của các đường dây cung cấp, phân phối, hạ áp;

α_{BATG}, α_{TT} - suất mất điện của máy biến áp ở trạm trung gian và tiêu thụ;

L_C, L_f, L_H – chiều dài của đường dây cung cấp, phân phối và hạ áp;

Δl_{CL}, Δl_{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:

$$p(t) = e^{\sum_{i=1}^{n}\lambda_i t}, \qquad (10.11)$$

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

$$\Lambda_{nt} = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i ; \qquad (10.12)$$

Thời gian phục hồi trung bình

$$t_f^{nt} = \frac{1}{\Lambda_{nt}} \sum_{i=1}^{n} \lambda_i t_{fi} , \qquad (10.13)$$

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

$$p(t) = \prod_{i=1}^{n} (1 - e^{\lambda_i t}) \qquad (10.14)$$

Đối với mạch song song gồm 2 phần tử.

$$\Lambda_{ss} = \lambda_1 \lambda_2 (t_{f1} + t_{f2}) \qquad (10.15)$$

Thời gian phục hồi trung bình

$$t_f^{ss} = \frac{1}{\frac{1}{t_{f1}} + \frac{1}{t_{f2}}} \qquad (10.16)$$

Thời gian làm việc an toàn

$$t_p^{ss} = \frac{1}{\Lambda_{ss}} \qquad (10.17)$$

Khi đã biết λ_i và t_{fi} có thể xác định xác suất không tin cậy q

$$q_i = \frac{\lambda_i t_{fi}}{8760} \qquad (10.18)$$

1.3.3. Biến đổi Y ↔ Δ

$$q_1 = q_{13} \cdot q_{12} ; \qquad q_2 = q_{12} \cdot q_{23} ; \qquad q_3 = q_{13} \cdot q_{23} \qquad (10.19)$$

$$q_{12} = \sqrt{\frac{q_1 q_2}{q_3}} ; \qquad q_{23} = \sqrt{\frac{q_2 q_3}{q_1}} ; \qquad q_{13} = \sqrt{\frac{q_1 q_3}{q_2}} , \qquad (10.20)$$

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.

$$p(A) = p(H).p(A/H) + p(\bar{H}).\ p(A/\bar{H}), \qquad (10.21)$$

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:

$$p_{i(G)} = \prod^{n1} p_j \prod^{n2} q_k \qquad (10.22)$$

Xác suất này cũng chính là xác suất giảm công suất vì sự cố.

b. Xác định xác suất thiếu hụt công suất nguồn.

$$p_{i(p_i < p_{pt})} = \frac{t_i}{T}, \qquad (10.23)$$

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

$$p_{thi} = p_{i(p_i < p_{pt})} \cdot p_{Gi} \qquad (10.24)$$

Xác suất tích phân thiếu hụt lượng công suất rb

$$J_{th}^{th} = \sum_{i=1}^{M} p_{thi} \qquad (10.25)$$

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.

$$Z_{dp} = pV_{dp} + C_{dp} \leq Y \; ; \qquad (10.26)$$

$$Z_{dp} = \frac{pV_{df} + C_{df}}{P_{th}\chi_t n.t_f} \; , \qquad (10.27)$$

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:

$$A_0 = P_0.n.t_f L^2, \qquad (10.28)$$

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

$$Y_0 = y_0 A_0 = y_0 P_0.n.t_f L^2; \qquad (10.29)$$

y_0 – suất thiệt hại do mất điện.

Thiệt hại do mất điện khi đặt N cơ cấu phân đoạn

$$Y_N = y_0 A_N = y_0 P_0 n t_f L^2 \frac{1}{2}\frac{N+2}{N+1} \qquad (10.30)$$

N – số cơ cấu phân đoạn đường dây.

Hiệu quả do đặt N cơ cấu phân đoạn là:

$$\Delta Y_N = Y_0 - Y_N = Y_0 \frac{N}{2(N+1)} \qquad (10.31)$$

b. Đường dây phân nhánh

Việc đặt cơ cấu sẽ có ý nghĩa kinh tế khi thực hiện điều kiện:

$$l > \frac{pV_{pd}}{y_0 P_0 L n t_f}, \qquad (10.32)$$

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.

$$Y = y_0 \chi_t N_{sp} t, \qquad (10.33)$$

trong đó: y_0 - suất thiệt hại trên một đơn vị sản phẩm;

χ_t - 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.*

$$Y_\Sigma = \Sigma Y_i, \qquad (10.34)$$

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

$$E = \frac{Y_I t_{II}}{t}, \qquad (10.35)$$

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 thờig gian mất điện của cả lưới.

* *Xác định hiệu suất kinh tế của cơ cấu.*

$$E_{KT} = E - Z_{pd}; \qquad (10.36)$$

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

$$E' = E_1 + \frac{Y_{i-ii}t_{iii}}{t} \quad (10.39)$$

trong đó: E_1, E_2 - hiệu quả phân đoạn của cơ cấu 1 và 2

Y_{i-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:

$$E = k_{nc}P_1y_0.t_{11}, \quad (10.41)$$

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;

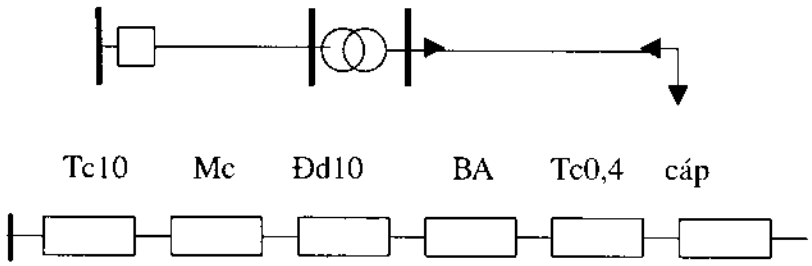
t_{11} - tổng thời gian mất điện của các đoạn dây sau cơ cấu phân đoạn;

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 ĐTCCCĐ 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_f	4	8	12	90	4	12	
λ . t_f	0,26	0,056	2,7	1,35	0,26	2,52	7,146

Thông lượng hỏng hóc của đường dây 10 kV: $\lambda_{10} = \lambda_{01}.l_{10} = 0,03.\ 7,5 = 0,225$

Thông lượng hỏng hóc của đường dây 0,38 kV: $\lambda_{0,38} = \lambda_{02}.l_{0,38} = 0,35.\ 0,6 = 0,21$

Thông lượng hỏng hóc của mạng điện

$$\lambda_{\Sigma} = \sum\lambda_i = 0,587$$

Thời gian phục hồi của mạng điện

$$t_{fm} = \frac{\sum\lambda_i t_i}{\lambda_{\Sigma}} = \frac{7,146}{0,587}\ 12,17\ h$$

Xác suất tin cậy trong thời gian một năm vận hành (t=1)

$$p_{(t)} = e^{-\lambda t} = e^{-0,587.1} = 0,556$$

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 dừng $k_d = \lambda_\Sigma p_{(t)} = 0,587.\ 0,556 = 0,326$

Hệ số sẵn sàng $k_{ss} = 1 - k_d = 1 - 0,326 = 0,674$

Năng lượng thiếu hụt

$$A_{th} = P\,\lambda_\Sigma t_{fm} = 315.\ 0,587.\ 12,17 = 2251 \text{ kWh}.$$

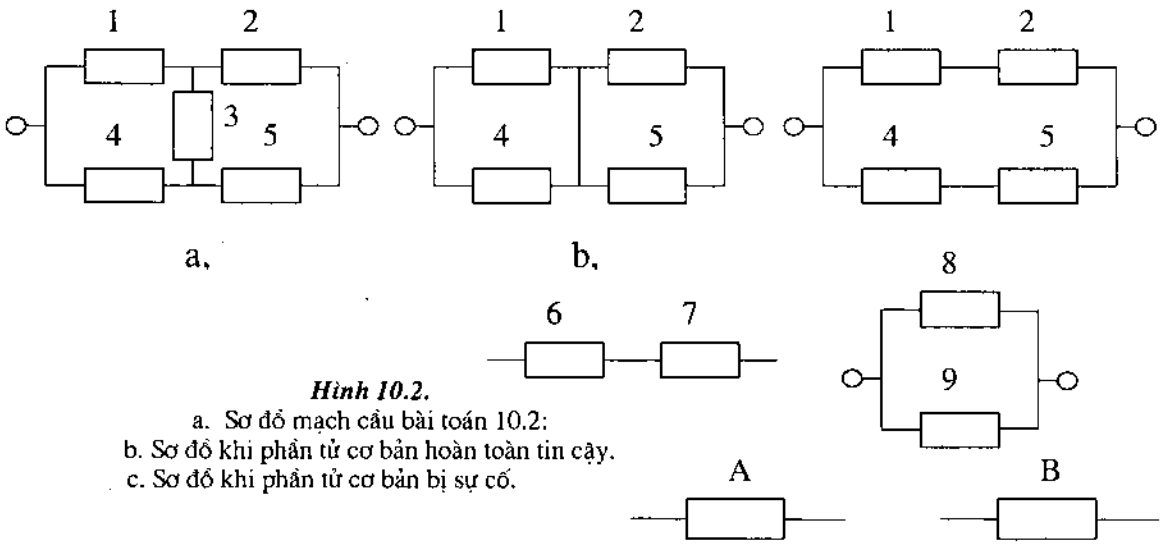
Bài 10.2. Xác định xác suất tin cậy của sơ đồ cầu hình 10.2 với xác suất tin cậy của các phần tử cho trong bảng sau

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

$q_6 = q_1q_4 = 0,35.\ 0,31 = 0,109$ suy ra $p_6 = 1 - 0,109 = 0,891$;

$q_7 = q_2q_5 = 0,22.\ 0,17 = 0,037$ suy ra $p_7 = 1 - 0,037 = 0,963$;

$p_8 = p_1p_2 = 0,65.\ 0,78 = 0,507$; $q_8 = 1 - 0,507 = 0,493$;

$p_9 = p_4p_5 = 0,69.\ 0,83 = 0,573$; $q_9 = 1 - 0,573 = 0,427$;

$q_B = q_8q_9 = 0,493.\ 0,427 = 0,211$ suy ra $p_B = 1 - 0,211 = 0,789$.

Xác suất tin cậy của sơ đồ hình b, (khi phần tử cơ bản hoàn toàn tin cậy) là

$$p_A = p_6p_7 = 0,892.\ 0,963 = 0,858$$

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

$$p = p_3p_A + q_3p_B = 0,56.0,858 + 0,44.\ 0,858 = 0,828$$

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:

$$p_1 = 1 - q_1 = 1 - 0,015 = 0,985 \text{ và } p_2 = 1 - q_2 = 0,973$$

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 $p_{01} = p_1p_2 = 0.985.0,973 = 0,9584$; 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 $p_{t2} = q_1p_2 = 0{,}015.0{,}973 = 0{,}0146$; 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.

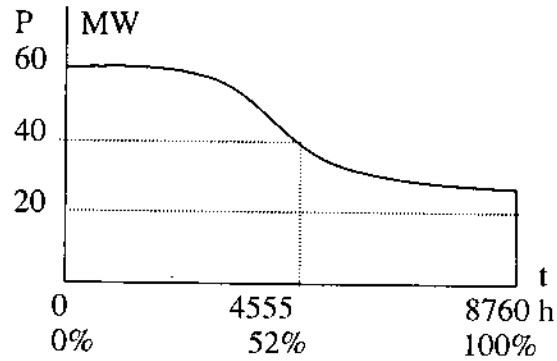
Bảng 10.3 Xác suất trạng thái của nhà máy điện

Trạng thái	Công suất phát, MW	Công suất giảm	Xác suất giảm công suất
1	20+40 = 60	0	0.985.0,973 = 0,9584
2	0+40=40	20	0,015.0,973 = 0,0146
3	20+0=20	40	0,985.0,027 = 0,0266
4	0+0=0	20+40 = 60	0,015.0,027 = 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 $p_i(p_{F<}p_{pt})$ theo biểu thức (10.22), từ đó xác định xác suất thiếu hụt công suất theo biểu thức: $p_{thi} = p_i(p_{F<}p_{pt}).p_{Gi}$, 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_F, MW	t_i, h	p_{Gi}	$p_i(p_{F<}p_{pt})$	$p_{thi} = p_i(p_{F<}p_{pt}).p_{Gi}$
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
					$J_{th} = \Sigma p_{thi} =$ 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

$$p_{G1} = p_{tt1} = p_1.p_2.p_3 = 0,979.\ 0,982.\ 0,970 = 0,9325$$

Thời gian phụ tải đạt giá trị 275 là 0 giờ, vậy xác suất công suất phát nhỏ hơn phụ tải là

$$p_{t(P_F<P_n)} = \frac{t_1}{T} = \frac{0}{8760} = 0$$

Trạng thái 2: ta xác định được $P_F = 225$;

$$p_{G2} = q_1.p_2.p_3 = 0,021.0,982.0,97 = 0,02$$

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

$$p_{th2} = p_{2<}.p_{G2} = 0,5137.\ 0,02 = 0,0103$$

Công suất thiếu hụt

$$P_{th.2} = p_{th.2}.P_{G.2} = 0,0103.\ 50 = 0,514 \text{ MW}$$

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_{1i}	P_{Gi}	$p_{Gi}=p_{ti}$	t, h	$p_{<}$	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}= 4500.10^6 đồng. Vốn đầu tư của hệ thống điện cung cấp cho xí nghiệp là V_{ht} = 1250. 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 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 = 750.10^3 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:

$$Z_{XN} = p.V = 0,165 \cdot 4500 \cdot 10^6 = 742,5.10^6 \text{ đ/năm.}$$

** Thiệt hại do bị ứ đọng vốn đầu tư cố định :*

$$Y_1 = \frac{\chi_t Z_{XN}}{8760} t_{f1}.\chi_f = \frac{0,667.742,5.1,5.1}{8760} 10^6 = 0,085.10^6 \text{ đ.};$$

$t_{f1} = n.\ t_{tb} = 3.\ 0,5 = 1,5$ h;

χ_t- hệ số trùng hợp, đối với các xí nghiệp sản xuất hai ca $\chi_t = 0,667$;

χ_f - 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:*

$Y_2=(g_0.N_0.t_{tb}- C).n.\chi_t+\alpha .n.Z_t=(0,75.32.0,5 - 0).3.\ 0,667 + 0 = 24,012.10^6$ đ/năm ;

Chi phí quy đổi của hệ thống điện: $Z_{ht} = p.V_{ht} = 0,165.\ 1250.\ 10^6 = 206,\ 25.\ 10^6$đ./năm;

Điện năng thiếu hụt: $A_{th} = P_M.\ n.t_{tb} = 2800.\ 3.\ 0,5 = 10200$ kWh.

*. *Thiệt hại hệ thống:*

$$Y_3 = \frac{Z_{ht}}{T_M P_{tt}} A_{th} = \frac{206,25}{4580.6800}.10200.10^6 = 0,068.10^6 \text{ đ.}$$

Tổng thiệt hại do mất điện của xí nghiệp:

$$Y_\Sigma = Y_1 + Y_2 + Y_3 = 0,085 + 24,012 + 0,068).10^6 = 24,164.10^6 \text{ đ.}$$

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 cosφ cho trong bảng 10.8. sau

Bảng 10.8. Các tham số của mạng điện bài toán 10.7

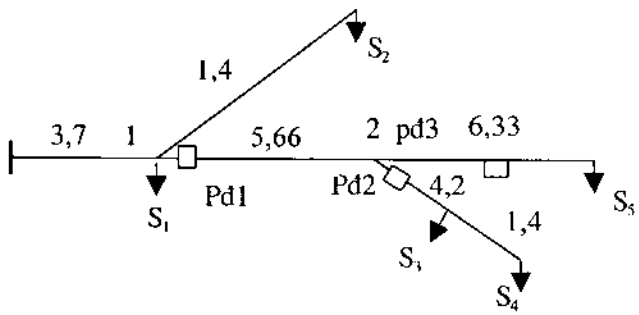
Trạm	1	2	3	4	5
S kVA	250	320	180	250	560
cosφ	0,84	0,82	0,83	0,8	0,81
k_{mt}	0,56	0,67	0,72	0,68	0,78
P	210,000	262,400	149,400	200,000	453,600

Suất thiệt hại do mất điện $y_0 = 3500$ 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 $E = P_I.\ t_{II}.\ y_0$.

Công suất tác dụng trên các đoạn dây được xác định: $P_I = S_I.\cos\varphi_1 = 320.\ 0,84 = 210$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

$$k_{sd\Sigma} = \frac{\sum P_i k_{sdi}}{\sum P_i} = \frac{210.0,56 + 262,4.0,67}{210 + 262,4} = 0,621$$

$$k_{nc} = k_{sd\Sigma} + \frac{1 - k_{sd\Sigma}}{\sqrt{n}} = 0,621 + \frac{1 - 0,621}{\sqrt{2}} = 0,889$$

$$P_I = k_{nc}\sum P_i = 0,889.(210+262,4) = 419,97$$

$$t_{II} = \alpha \sum l = 0,10.(5,66+6,33+4,2+1,4) = 1,97 \text{ h}$$

$$E = 419,97.\ 1,97.\ 3500 = 2895,87.10^3 đ$$

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

$$E_{kt} = E - z_{pd} = 2895,87.10^3 - 1555.\ 10^3 = 1340,87.10^3 đ.$$

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

$$E_2 = P_{II}.t_{III}.\ y_0 = 453,6.\ 0,607.\ 3500 = 964.10^3 đ.$$

$$P_{II} = P_5 = 453,6 \text{ kW};\quad t_{III} = 0,11\ (4,2 + 1,4) = 0,607 \text{ h};$$

Hiệu quả kinh tế khi có 2 cơ cấu phân đoạn,:

$$E_{kt2} = E_1 + E_2 - 2.Z_{pd} = (2895,87 + 964).\ 10^3 - 2.\ 1555.\ 10^3 = 749,86.\ 10^3 đ.$$

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.

$$E_3 = P_{III}.t_{IV}.\ y_0 = 318,4.\ 0,74.\ 3500 = 825.10^3 đ.$$

$$k_{sd\Sigma} = \frac{\sum P_i k_{sdi}}{\sum P_i} = \frac{149,4.0,72 + 200.0,68}{149,4 + 200} = 0,697$$

$$k_{nc} = k_{sd\Sigma} + \frac{1 - k_{sd\Sigma}}{\sqrt{n}} = 0,697 + \frac{1 - 0,697}{\sqrt{2}} = 0,911$$

$$P_{III} = k_{nc}(P_3+P_4) = 0,911(149,4 + 200) = 318,4\ kW;\quad t_{III} = 0,11\ (6,73) = 0,74\ h$$

Hiệu quả kinh tế khi có 2 cơ cấu phân đoạn,:

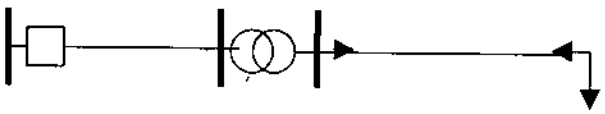
$$E_{k13} = E_1 + E_2 + E_3 - 3.Z_{pd} = (2895,87 + 964 + 825).\ 10^3 - 3.\ 1555.\ 10^3 = 19,86.\ 10^3\ đ.$$

Như vậy $E_{k13} > 0$, 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 ĐTCCCĐ 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 kW.

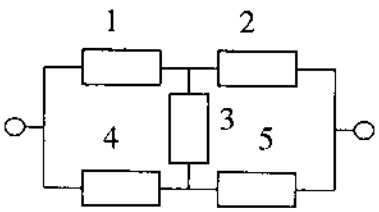
Hình 10.5. Sơ đồ mạng phân phối bài tập 10.1.



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

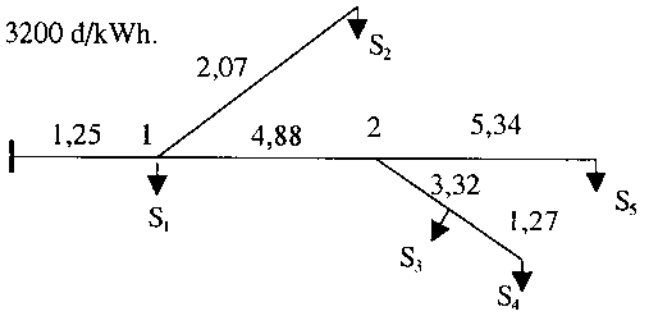
10.6. Một xí nghiệp sản xuất vật liệu xây dựng có tổng vốn đầu tư là V_{XN}= 2600.10^6 đồng. Vốn đầu tư của hệ thống điện cung cấp cho xí nghiệp là V_{hi} = 860. 10^6 đ. Hãy xác định thiệt hại do mất điện của nhà máy sản xuất thiết bị, biết số lần mất điện trong năm là n = 5, thời gian mất điện trung 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 = 223.10^3 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 cosφ 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_{mt}	0.67	0.58	0.72	0.74	0.63

Suất thiệt hại do mất điện y_0 = 3200 đ/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

$$\Delta P = \frac{\sqrt{3}.\Delta U\%.UI_M.10^{-2}}{k_s}, kW, \qquad (11.1)$$

trong đó: ΔU% - hao tổn điện áp tại điểm cuối của đường dây;

IM – dòng điện cực đại ở đầu đường dây;

U - điện áp của đường dây;

k_s – hệ số hình dạng của đường dây :

$$k_S = \cos\varphi + \frac{x_0}{r_0}\sin\varphi ; \qquad (11.2)$$

r_0, x_0- điện trở của 1 km đường dây;

cosφ - 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:

$$\Delta P_\Sigma = k_p U.I_M\, \Delta U_\Sigma\%\, 10^{-2}, kW ; \qquad (11.3)$$

$$k_p = \frac{\sqrt{3}.\psi}{\sqrt{2}.k_s} ;$$

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

$$\Delta A = \frac{R}{U_n^2}\sum_{i=1}^{n} S_i^2 \cdot \Delta t_i \text{, kWh,} \qquad (11.6)$$

trong đó: S_i – công suất tác động trong khoảng thời gian Δt;

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

$$\Delta A = 3I^2_M.R.10^{-3}\tau \text{ ,} \qquad (11.7)$$

trong đó: I_M - dòng điện cực đại trong mạng, A;

τ - thời gian hao tổn cực đại, h .

**** Công thức thực nghiệm Kenzevits:***

$$\tau = (0{,}124 + T_M.10^{-4})^2.8760, \text{ h;} \qquad (11.8)$$

T_M - thời gian sử dụng công suất cực đại, h;

* Công thức gần đúng

$$\tau = 0{,}13T_M + 0{,}87\frac{T_M^2}{T} \qquad (11.9)$$

1.2.3. Xác định ΔA theo phần trăm hao tổn công suất cực đại ΔP%

$$\Delta A\% = \frac{1}{3}\Delta P_{M\%} + \frac{2}{3}\Delta P_{M\%}.k_{nt}\text{,\%;} \qquad (11.10)$$

$$\Delta A = \Delta A\%.A,$$

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:*

$$\Delta A_r = 3.\ I_{th}^2.(1 + k_v^2)\ R_{dt}.T.10^{-3}\text{,kWh ;} \qquad (11.11)$$

trong đó: I_{tb}- 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.

$$I_{tb} = \frac{A_r}{\sqrt{3}.T.U_{tb}.\cos\varphi}, \quad (11.12)$$

trong đó: A_r - điện năng tác dụng, xác định theo chỉ số của các công tơ đầu nguồn, kWh;

U_{tb} - điện áp trung bình của mạng điện, kV;

T - thời gian khảo sát, h.

Hệ số biến động $$k_v = \frac{\sigma}{I_{tb}} = \frac{I_M - I_{tb}}{3I_{tb}} \quad (11.13)$$

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

$$\Delta A_{cu} = 3 I_{tb.BA}^2 (1 + k_v^2).R_{dtb}T.10^{-3}, \text{ kWh}; \quad (11.15)$$

$$I_{tb.BA} = \frac{A_{r2}}{\sqrt{3}.T.U_{tb2}.\cos\varphi}, \quad (11.16)$$

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_{tb2} - điện áp trung bình ở cuối đường dây, kV.

Điện trở đẳng trị của các máy biến áp là:

$$R_{dtb} = \frac{U_n^2 \sum_{i=1}^{m} \Delta P_{ki} 10^3}{(\sum_{i=1}^{m} S_{ni})^2}, \quad (11.17)$$

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

$$\Delta A_{Fe} = \frac{U_{tb2}^2}{U_n^2} T \sum_{i=1}^{m} \Delta P_{0i} \quad \text{kWh}, \tag{11.18}$$

ΔP_{0i}- hao tổn không tải của biến áp thứ i.

Tổng tổn thất điện năngtrong máy biến áp

$$\Delta A_{\Sigma} = \Delta A_{cu} + \Delta A_{Fe} \tag{11.19}$$

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

$$S_{gh} = \sqrt{\frac{\sum \Delta P_{cb} - \sum \Delta P_{ca}}{\frac{\sum \Delta P_{va}}{(\sum S_a)^2} - \frac{\sum \Delta P_{vb}}{(\sum S_b)^2}}} \tag{11.20}$$

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;

$$k = \frac{\Delta P_v}{\Delta P_c} \tag{11.21}$$

Trong trường hợp k = const đối với tất cả các biến áp thì

$$S_{gh} = \sqrt{\frac{S_a^2 + S_b^2}{k}} \tag{11.22}$$

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

$$S_{gh} = S_n \sqrt{\frac{n(n+1)}{k}} \tag{11.23}$$

1.3.2. Nâng cao hệ số cosφ

a. Giá trị trung bình của hệ số công suất

$$\cos\varphi_{tb} = \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{A_x}{A_r})^2}} \quad (11.24)$$

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 $\cos\varphi_2$

$$Q_b = P(tg\,\varphi_1 - tg\varphi_2),\ kVAr\ ; \quad (11.26)$$

P - công suất tác dụng của phụ tải, kW.

1.4. Điều hòa công suất phản kháng trong hệ thống điện

1.4.1. Đương lượng kinh tế bù công suất phản kháng

$$k_{đl} \approx \frac{2QR}{U^2}, \quad (11.27)$$

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

$$Q_b = Q - \frac{U^2(p\upsilon_b + \Delta P_b t.c_\Delta)}{2R\tau.c_\Delta}, \quad (11.28)$$

trong đó: p – hệ số sử dụng hiệu quả và khấu 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 cần bù, thì hàm mục tiêu cũng được thiết lập tương tự như trên nhưng ta thay $Q = \sum Q_i$ và $Q_b = \sum Q_{bi}$

$$Z_1 = pv_b(Q_{b1}+Q_{b2}+Q_{b3})$$

$$Z_2 = \Delta P_b(Q_{b1}+Q_{b2}+Q_{b3})tc_\Delta$$

$$Z_3 = \frac{\tau.c_\Delta}{U^2}\ [(Q_1+Q_2+Q_3-Q_{b1}-Q_{b2}-Q_{b3})^2R_1+(Q_2+Q_3-Q_{b2}-Q_{b3})^2R_2+(Q_3-Q_{b3})^2R_3]$$

Lấy đạo hàm riêng của Z theo Q_{bi} và cho triệt tiêu, ta sẽ được 3 phương trình

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{b1}} = 0\ ;\ \frac{\partial Z}{\partial Q_{b2}} = 0\ ;\ \frac{\partial Z}{\partial Q_{b3}} = 0\ ;$$

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

$$Q_{01} = \frac{(Q_1 - Q_{b1})(R_2 + R_3) + (Q_2 - Q_{b2})R_2}{R_1 + R_2 + R_3}\ ; \qquad (11.29)$$

$$Q_{02} = \frac{(Q_2 - Q_{b2})(R_1 + R_3) + (Q_1 - Q_{b1})R_1}{R_1 + R_2 + R_3}\ ;$$

$$Q_{12} = Q_{01} - Q_1 + Q_{b1}.$$

d. Trường hợp mạng điện hình tia

$$Q_{bi} = Q_i - (Q - Q_b)\frac{R_{td}}{R_i}\ ; \qquad (11.30)$$

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 cần 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

$$\Delta K = \Delta Z_A - \Delta Z_k;$$

$$\Delta K = \frac{R_{ba}\tau.c_{\Delta}}{U^2}[Q^2 - (Q - Q_b)^2] - E_n(\nu_h - \nu_c)Q_b; \qquad (11.31)$$

ν_c, ν_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

$$b_1 = b_1 = \ldots = b_n \qquad (11.32)$$

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:

$$b_1g_1 = b_2g_2 = \ldots = b_ng_n, \qquad (11.33)$$

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

$$\frac{b_i}{1 - \sigma_{pi}} = \text{const} \qquad (11.34)$$

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:

$$\frac{g_i b_i}{1 - \sigma_{pi}} = \text{const} \qquad (11.35)$$

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:

$$\Delta U\% = \frac{U_d - U_c}{U_n}.100 = \frac{10,5 - 9,86}{10}100 = 6,4\%$$

ứng với dây dẫn AC-120 ta có $r_0 = 0,27$ và $x_0 = 0,363\ \Omega/km$.

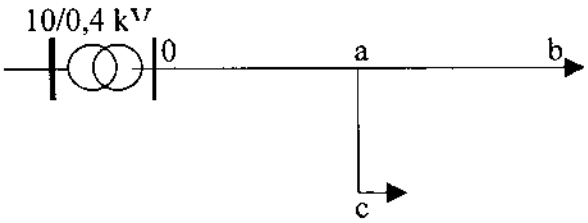
Hệ số k_s được xác định theo biểu thức:

$$k_s = \cos\varphi + \frac{x_0}{r_0}\sin\varphi = 0,82 + \frac{0,363}{0,27}.0,572 = 1,59$$

Hao tổn công suất

$$\Delta P = \frac{\sqrt{3}.\Delta U\%..UI.10^{-2}}{k_s} = \frac{\sqrt{3}.6,4.10.8,45}{1,59} = 6,187\ kW$$

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 = 24h) là A_r = 4280kWh, dòng điện lớn nhất tại đầu lộ ra I_M = 412,50 A; Điện áp ở chế độ phụ tải cực đại tại đầu lộ U_d = 374 V và tại cuối lộ là U_C = 340 V, hệ số công suất cosφ = 0,84.



Hình 11.1. Sơ đồ mạng điện bài 11.1.

Giải: Ứng với mã hiệu dây dẫn tra bảng 17.pl [1] ta tìm được

Loại dây	A-70	A-50
r_0, Ω/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:

$$r_0 = \frac{\Sigma r_{0i}.l_i}{\Sigma l_i} = \frac{(0,46.440 + 0,64.230)}{(440+230)} = 0.522, \Omega/km$$

$$x_0 = \frac{\Sigma x_{0i}.l_i}{\Sigma l_i} = \frac{(0,31.440 + 0,32.230)}{(440+230)} = 0,313\Omega/km$$

Hệ số k_s được xác định theo biểu thức:

$$k_s = \cos\varphi + \frac{x_0}{r_0}\sin\varphi = 0,84 + \frac{0,313}{0,522}.0,542 = 1,166$$

Xác định hệ số hình dạng k_f: lộ ra cung cấp điện cho một phần tư 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:

$$k_P = \frac{\sqrt{3}.k_f}{\sqrt{2}.k_s} = \frac{\sqrt{3}.0,87}{\sqrt{2}.1,166} = 0,914$$

Tổn thất công suất được xác định theo biểu thức:

$$\Delta P_\Sigma = k_P U.I_M\, \Delta U_\Sigma\%\, 10^{-2} = 0,914.0,38.\ 412,5.8,95.10^{-2} = 12,817\ kW$$

Bài 11.3. Cũng với các dữ kiện như bài 2, hãy xác định tổn thất điện năng theo 3 phương pháp thông dụng:

a. phương pháp đặc tính xác suất của phụ tải;

b. phương pháp dòng điện cực đại;

c. 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 $\Delta P_M = 12,817$ kW

Điện năng phản kháng được xác định theo công thức sau:

$$A_x = A_r.tg\varphi = 4280.0,646 = 2764,6 \text{ kVArh}$$

+ Kỳ vọng toán hay giá trị trung bình của dòng điện được xác định theo công thức

$$I_{tb} = \sqrt{\frac{A_r^2 + A_x^2}{3.U^2.T^2}} = \sqrt{\frac{4280^2 + 2764,6^2}{3.0,38^2.24^2}} = 322,56 \text{ A}$$

+ Hệ số biến động k_v được xác định theo công thức:

$$k_v = \frac{I_M - I_{tb}}{3.I_{tb}} = \frac{412,5 - 322,56}{3.322,56} = 0,093$$

Điện trở đẳng trị xác định theo biểu thức

$$R_{dt} = \frac{\Delta P_M 10^3}{3I_M^2} = \frac{12,817.10^3}{3.412,5^2} = 0,025\,\Omega$$

Hao tổn điện năng của mạng điện được xác định theo công thức

$$\Delta A_r = 3.I_{tb}^{\ 2}\,(1 + k_v^2)\,R_{dt}.T.10^{-3} = 3.322,56^2.(1 + 0,093^2).0,025.\ 24.10^{-3} = 189,72 \text{ kWh}$$

$$\Delta A_r\% = \frac{\Delta A_r.100}{A_r} = \frac{189,72}{4280}.100 = 4,43\ \%.$$

b. Phương pháp dòng điện cực đại

Trước hết cần xác định thời gian sử dụng công suất cực đại T_M.

$$T_M = \frac{I_{tb}.T}{I_M} = \frac{322,56.24}{412,5} = 18,77 \text{ h}$$

Thời gian hao tổn cực đại có thể xác định theo biểu thức:

$$\tau = 0,13T_M + 0,87\frac{T_M^2}{T} = 0,13.\ 18,77 + 0,87.\ \frac{18,77^2}{24} = 15,21 \text{ h};$$

Tổn thất điện năng: $\Delta A_r = \Delta P_M.\tau = 12,817.\ 15,21 = 194,91$ kWh;

$$\Delta A_r\% = \frac{\Delta A_r.100}{A_r} = \frac{194,91}{4280}.100 = 4,55\ \%.$$

c. Phương pháp phần trăm hao tổn công suất cực đại

Hao tổn công suất cực đại biểu thị dưới dạng phần trăm

$$\Delta P_M\% = \frac{\Delta P_M.100}{P} = \frac{12,817.100}{228,1} = 5,71\%$$

Giá trị công suất cực đại: $P = \sqrt{3}.U.I_M = \sqrt{3}.374.\ 412,5.10^{-3} = 228,1$ kW

$$\Delta A\% = \frac{1}{3}\Delta P_{Mđ} + \frac{2}{3}\Delta P_{Mđ}.k_{mt} = \frac{1}{3}4,55 + \frac{2}{3}.4,55.\frac{\Delta P_M.100}{P} = 4,88\%;$$

Tổn thất điện năng: $\Delta A = \Delta A\%.A/100 = 4,88.\ 4280/100 = 208,88$ kWh.

Nhận xét: So sánh kết quả tính toán theo phương pháp thứ nhất và phương pháp thứ hai

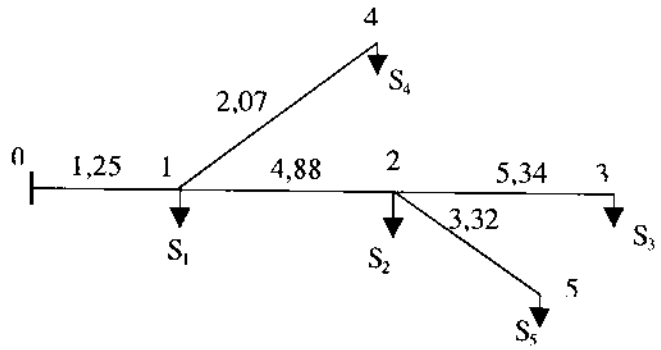
$$s = \frac{\Delta A_2 - \Delta A_1}{\Delta A_1}.100 = \frac{194,91 - 189,72}{189,72}.100 = 2,74\ \%$$

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 kWh; hệ số công suất cosφ = 0,817; giá trị dòng điện cực đại đo trên đầu lộ tổng là I_M = 72,79 A; giá trị điện áp trên thanh cái trạm biến áp là U_1= 10 kV và ở cuối đường trục là U_2= 9,5 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 cosφ và hệ số mang tải k_{mt} 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_{mt}	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 phần 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:

$$r_0 = \frac{\Sigma\, r_{0i}.l_i}{\Sigma\, l_i} = 0,526\ \Omega/km$$

$$x_0 = \frac{\Sigma\, x_{0i}.l_i}{\Sigma\, l_i} = 0,383\ \Omega/km$$

Hệ số k_s được xác định theo biểu thức:

$$k_s = \cos\varphi_{tb} + \frac{x_0}{r_0}\sin\varphi_{tb} = 0,817 + \frac{0,383}{0,526}.0,576 = 1,238$$

Xác định hệ số hình dạng k_f: lộ ra cung cấp điện cho một phần tư 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:

$$k_P = \frac{\sqrt{3}.k_f}{\sqrt{2}.k_s} = \frac{\sqrt{3}.0,87}{\sqrt{2}.1,238} = 0,861$$

Hao tổn công suất được xác định theo biểu thức:

$$\Delta P_\Sigma = k_P U.I_M\, \Delta U_\Sigma\%\ 10^{-2} = 0,861.\ 10.72,79.\ 5.\ 10^{-2} = 31,34\ kW$$

+ Kỳ vọng toán hay giá trị trung bình của dòng điện được xác định theo công thức:

$$I_{tb} = \frac{A_r}{\sqrt{3}.T.U_{tb}.\cos\varphi} = \frac{A_r}{\sqrt{3}.T.U_{tb}.\cos\varphi} = 65,82\ A$$

+ Hệ số biến động k_v được xác định theo công thức:

$$k_v = \frac{I_M - I_{tb}}{3.I_{tb}} = \frac{72,79 - 65,82}{3.65,82} = 0,035$$

Điện trở đẳng trị xác định theo biểu thức

$$R_{dt} = \frac{\Delta P_M 10^3}{3I_M^2} = \frac{31,34.10^3}{3.72,79^2} = 1,97\,\Omega$$

Tổn thất điện năng trên đường dây

$$\Delta A_d = 3.I_{tb}^2(1 + k_v^2)R_d.T.10^{-3} = 3.72,79^2.(1 + 0,035^2).\ 1,97.\ 24.10^{-3} = 615,63\ kWh$$

Điện năng ở cuối đường dây:

$$A_2 = A - \Delta A_d = 22357 - 615,63 = 21741,37\ kWh$$

Dòng điện trung bình qua các máy biến áp đẳng trị

$$I_{tb.BA} = \frac{A_{r2}}{\sqrt{3}.T.U_{tb2}.\cos\varphi} = \frac{21741,37}{\sqrt{3}.24.9,5.0,817} = 67,42\ A$$

Điện trở đẳng trị của các máy biến áp

$$R_{dtb} = \frac{U_n^2\sum_{i=1}^{m}\Delta P_{ki}.10^3}{(\sum_{i=1}^{m}S_{ni})^2} = \frac{10^2.(2,4 + 4,1 + 6,2 + 2,4 + 9,4).10^3}{(100 + 180 + 320 + 100 + 560)^2} = 1,543\ \Omega$$

Thành phần tổn thất thay đổi trong các cuộn dây của các máy biến áp

$$\Delta A_d = 3.I_{tb}^2(1 + k_v^2)R_d.T.10^{-3} = 3.67,42^2.(1 + 0,035^2).\ 1,543.\ 24.10^{-3} = 505,65\ kWh$$

Thành phần tổn thất cố định hay tổn thất trong lõi thép của các biến áp được xác định theo biểu thức:

$$\Delta A_{Fe} = \frac{U_{th2}^2}{U_n^2}T\sum_{i=1}^{m}\Delta P_{0i} = \frac{9,5^2}{10^2}.24.(0,73 + 1,2 + 1,9 + 0,73 + 2,5) = 152,73\ kWh$$

Tổng tổn thất điện năng trong mạng điện

$$\Delta A_\Sigma = \Delta A_r + \Delta A_{cu} + \Delta A_{Fe} = 615,63 + 505,65 + 152,73 = 1274,01\ kWh$$

$$\Delta A\% = \frac{\Delta A \ .100}{A} = \frac{1274,01}{22357}.100 = 5,7\ \%.$$

Bài 11.5. Trạm biến áp 110/10,5 kV có 2 máy TMTΓ 5600/110 và TMTΓ 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_0, kW	ΔP_k, kW
TMTΓ 5600/110	30	69,5
TMTΓ 7500/110	35	83

Sẽ có thể có 3 chế độ làm việc của trạm biến áp :

a. chỉ một máy TMTΓ 5600/110;

b. chỉ một máy TMTΓ 7500/110;

c. cả hai máy cùng làm việc.

Áp dụng công thức

$$S_{gh} = \sqrt{\frac{\sum \Delta P_{cb} - \sum \Delta P_{ca}}{\frac{\sum \Delta P_{va}}{(\sum S_a)^2} - \frac{\sum \Delta P_{vb}}{(\sum S_b)^2}}}$$

Công suất giới hạn giữa chế độ a và chế độ b

$$S_{gh.a-b} = \sqrt{\frac{35-30}{\frac{69,5}{5,6^2} - \frac{83}{7,5^2}}} = 2,6\ \text{MVA}$$

Công suất giới hạn giữa chế độ a và chế độ b

$$S_{gh.b-c} = \sqrt{\frac{65-35}{\frac{85}{7,5^2} - \frac{152,5}{13,1^2}}} = 7,15\ \text{MVA}$$

Như vậy khi

$P_{pt} < 2,6$ MVA thì chỉ cần 1 máy biến áp TMTΓ 5600/110.

$P_{pt} = 2,6 \div 7,15$ MVA thì chỉ cần 1 máy biến áp TMTΓ 7,5/110.

$P_{pt} > 7,15$ MVA thì cả 2 máy biến áp cùng làm việc.

Bài 11.6: Trạm biến áp 110/10,5 kV có 3 máy ТРДН.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:

$$S_n = 10 \text{ MVA}; \Delta P_0 = 14 \text{ kW và } \Delta P_k = 60 \text{ kW};$$

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

$$S_{gh1} = S_n\sqrt{\frac{n(n+1)}{k}} = 10.\sqrt{\frac{1.2}{4{,}286}} = 6{,}83 \text{ MVA}$$

Công suất giới hạn chuyển từ chế độ 1 máy sang chế độ 2 máy

$$S_{gh2} = 10.\sqrt{\frac{2.3}{4{,}286}} = 11{,}83 \text{ MVA}$$

Bài 11.7. Xác định dung lượng bù công suất phản kháng để nâng hệ số công suất cosφ lên giá trị 0,9, biết các tham số trung bình tại trạm tiêu thụ là P = 123,6 kW; U = 380 V; I = 268,56 A.

Giải: Trước hết ta xác định hệ số cosφ của mạng điện

$$\cos\varphi_1 = \frac{P}{\sqrt{3}UI} = \frac{123{,}6}{\sqrt{3}.0{,}38.268{,}56} = 0{,}70 \rightarrow tg\varphi_1 = 1{,}02.$$

Công suất phản kháng cần bù

$$Q_b = P(tg\varphi_1 - tg\varphi_2) = 123{,}6.(1{,}02 - 0{,}484) = 66{,}5 \text{ kVAr}$$

Bài 11.8. Chỉ số công tơ tác dụng và phản kháng trong thời gian T = 24 hcho biết A_r = 2127,5 kWh và A_x = 1893,6 kVArh. Hãy xác định dung lượng bù vô công cần thiết để nâng hệ số $\cos\varphi_2 = 0{,}9$.

Giải: Hệ số cosφ của mạng điện có thể xác định theo biểu thức

$$\cos\varphi_1 = \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{A_x}{A_r})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{1893{,}6}{2127{,}5})^2}} = 0{,}747 \rightarrow tg\varphi_1 = 0{,}89$$

Công suất vô công cần bù

$$Q_b = \frac{A_r}{T}(tg\varphi_1 - tg\varphi_2) = \frac{2127,5}{24}(0,89 - 4,84) = 36 \text{ kVAr}.$$

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 kVA, cosφ = 0,72, thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 4960 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 ΔP_b = 0,004 kW/kVAr; giá thành tổn thất c_Δ = 750 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 Ω/km (bảng 17.pl [1], từ đó xác định giá trị điện trở của đường dây là:

$$R = r_0.l = 0,46.\ 0,53 = 0,244\ \Omega$$

Thời gian hao tổn cực đại có thể xác định theo biểu thức

$$\tau = 0,13T_M + 0,87\frac{T_M^2}{T} = 0,13.4960 + 0,87\frac{4960^2}{8760} = 3088 \text{ h}$$

Công suất phản kháng trong mạng

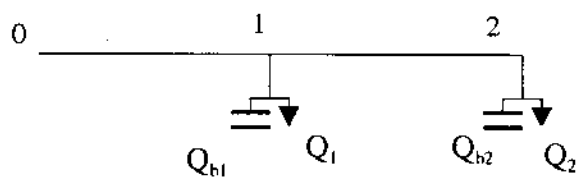
$$Q = S.\sin\varphi = 53.\ 0,694 = 38,86 \text{ kVAr}$$

Giá trị công suất phản kháng cần bù tối ưu được xác định theo biểu thức

$$Q_b = Q - \frac{U^2(p\upsilon_b + \Delta P_b t c_\Delta)}{2R\tau c_\Delta}$$

$$Q_b = 38,86 - \frac{0,38^2.(0,165.150 + 0,004.8760.0,75).10^3}{2.0,244.3088.0,75} = 32,34 \text{ kVAr}$$

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 $v_b = 140.10^3$đ/kVAr; suất tổn thất trong tụ bù ΔP_b = 0,004 kW/kVAr; giá thành tổn thất c_Δ = 750 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 m và l_{12} = 313 m; tỷ lệ chi phí khấu hao và thu hồi vốn p = 0,18; thời gian vận hành trong năm t = 8760 h; thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 4580 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 Ω/km (bảng 17.pl [1], từ đó xác định giá trị điện trở của các đoạn dây:

$$R_1 = r_0.l_{01} = 0,64.\ 0,469 = 0,30\ \Omega$$

$$R_2 = r_0.l_{12} = 0,64.\ 0,313 = 0,20\ \Omega$$

Thời gian hao tổn cực đại có thể xác định theo biểu thức

$$\tau = 0,13T_M + 0,87\frac{T_M^2}{T} = 0,13.4580 + 0,87\frac{4580^2}{8760} = 2678,67\ h$$

Tổng công suất phản kháng trong mạng

$$Q_\Sigma = Q_1 + Q_2 = 45 + 28,5 = 73,5\ kVAr$$

Hệ phương trình nhận được từ đạo hàm chi phí quy đổi

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_1} = pv_b + \Delta P_b tc_\Delta - \frac{2c_\Delta \tau R_1}{U^2}.10^{-3}.\ (Q_\Sigma - Q_{b1} - Q_{b2}) = 0$$

$$\frac{\partial Z}{\partial Q_{b2}} = pv_b + \Delta P_b tc_\Delta - \frac{2c_\Delta \tau R_1}{U^2}.10^{-3}.\ [R_1(Q_\Sigma - Q_{b1} - Q_{b2}) + R_2(Q_2 - Q_{b2})] = 0$$

Thay số vào ta được hệ phương trình

$$\begin{cases} 51,48 - 8,35\ (73,5 - Q_{b1} - Q_{b2}) = 0 \\ 51,48 - 8,35\ [0,3\ (73,5 - Q_{b1} - Q_{b2}) + 0,2.\ (28,5 - Q_{b2})] = 0; \end{cases}$$

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:

$$6,167 - 0,3\ (73,5 - Q_{b1} - Q_{b2}) - 0,2.\ (28,5 - Q_{b2}) = 0$$

$$6,167 - 22,06 + 0,3\ Q_{b1} + 0,3\ Q_{b2} - 5,71 + 0,2\ Q_{b2} = 0$$

$$0,3.Q_{b1} + 0,5\ Q_{b2} = 21,59$$

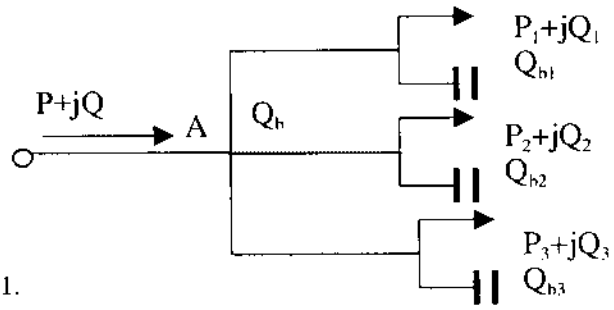
$$0,3Q_{b1} + 0,5.(67,33 - Q_{b1}) = 21,59 \rightarrow -0,2.Q_{b1} + 33,67 = 21,59$$

$$Q_{b1} = \frac{33,67 - 21,59}{0,2} = 60,41 \text{ kVAr}$$

$$Q_{b2} = 67,33 - 60.41 = 6,92 \text{ kVAr}$$

Ta chọn tụ công suất Q_{C1} = 65 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 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:

$$Q_1 = S_1.\sin\varphi_1 = 56,87.\ 0,65 = 36,96 \text{ kVAr},$$

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:

$$R_{td} = \frac{1}{\Sigma g_i} = \frac{1}{11,145} = 0,09\ \Omega$$

Tổng công suất phản kháng trong mạng

$$Q = \Sigma Q_i = 36,96 + 45,74 + 29,78 = 112,48\ kVAr$$

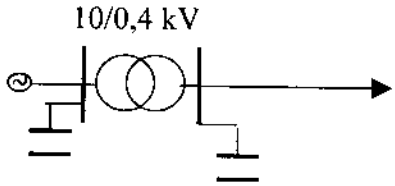
Công suất bù tối ưu cho các phân xưởng được xác định

$$Q_{bi} = Q_i - (Q - Q_b)\frac{R_{td}}{R_i} = 36,96 - (112,48 - 92).\ \frac{0,09}{0,23} = 28,97\ kVAr$$

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_{bi}, kVAr	28,97	39,81	23,22	92

Bài 11.12. Tram biến áp với máy TM.320/10 cung cấp điện cho một xí nghiệp với phụ tải S = 215 kVA hệ số cosφ = 0,75, công suất phản kháng cần bù được xác định là Q_b = 95 kVAr. Hãy chọn điểm đặt tối ưu cho các cơ cấu bù, biết suất vốn đầu tư cho tụ xao áp là $v_c = 85.10^3$ và của tụ hạ áp là $v_h = 150.10^3$ đồng/kVAr, thời gian hao tổn cực đại τ = 2980h; giá thành hao tổn điện năng c_Δ = 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 kVA, ΔP_k = 6,2kW (bảng 13.pl [1]);

Điện trở tác dụng của máy biến áp

$$R_{BA} = \frac{\Delta P_k U_n^2.10^{-3}}{S_n^2} = \frac{6,2.10^2.10^{-3}}{0,32^2} = 6,05\Omega;$$

Xác định hiệu quả kinh tế khi đặt thiết bị bù ở phía hạ áp

$$\Delta K = \frac{R_{ba}\tau.c_\Delta}{U^2}.10^{-3}[Q^2 - (Q - Q_b)^2] - p.(v_h - v_c)Q_b$$

$$\Delta K = \frac{6,05.2980.0,75.10^{-3}}{10^2}\ [142,21^2 - (142,21 - 95)^2 - 0,165.(150 - 85).95 =$$

$$= 1416,21.10^3 \text{ đ}.$$

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_{PT} = 370 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

$$Z_1=(2,73.152,07^2+213,5.152,07+1370).10^2=96973,39).10^2= 9,7.10^6 \text{đ/h};$$

$$Z_2=(1,85.217,93^2+237,5.217,93+870,6)=140487,5).10^2= 14,05.10^6 \text{đ/h};$$

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 $W = 370 - (P_2 + P_2) = 0$

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

$$\frac{\partial L}{\partial P_1} = 2.2,73.P_1 + 213,5 - \lambda = 0 \text{ suy ra } P_1 = \frac{\lambda - 213,5}{5,46} = 0,183\,\lambda - 39,1;$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_2} = 2.1,85.P_2 + 237,5 - \lambda = 0 \text{ suy ra } P_2 = \frac{\lambda - 237,5}{3,7} = 0,27\,\lambda - 64,189;$$

Cộng 2 phương trình lại ta được $P_2 + P_2 = 370 = 0,453.\lambda - 103,29$

Từ đó → $0,453.\lambda = 103,29 + 370 = 473,29$ → $\lambda = 1043,825$

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 = 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 $W = 540 - (P_2 + P_2 + P_3 + P_4) = 0$

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

$$P_2 + P_2 + P_3 + P_4 = 540 = 11{,}376.\lambda - 984{,}2$$

Từ đó → 15,24. λ = 984,2 + 540 = 1524,2 → λ = 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

$$Z_1 = (0{,}215.(115{,}354)^2 + 84{,}38.\ 115{,}354 + 1357).10^3 = 13{,}952.\ 10^6,\ đ/h$$

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, 10^6đ/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 $Z_1 = 0{,}5.10^{-3}P_1^2 + 0{,}3\ P_1 + 2$ (TOE/h) (tấn than tiêu chuẩn/h);

$$Z_2 = 10^{-3}P_2^2 + 0{,}34\ P_2 + 1{,}2$$

Các nhà máy được hòa vào mạng điện 220 kV với phụ tải

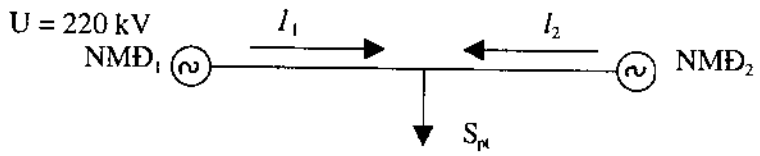
S_{pt} = 240 + j60 MVA (hình 11.6). Chiều dài đường dây từ nhà máy 1 đến điểm tải là 100 km và từ nhà máy 2 là 25 km, dây dẫn được làm bằng dây ACO240

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:

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 11.6 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 $x_0 = 0,43\ \Omega/km$

Lấy đạo hàm của T_1 và T_2 tương ứng với P_1 và P_2 ta được

$$b_1 = \frac{\partial Z_1}{\partial P_1} = 2.0,5.10^{-3}P_1 + 0,3;$$

$$b_2 = \frac{\partial Z_2}{\partial P_2} = 2.10^{-3}P_2 + 0,34.$$

Điều kiện phân bố tối ưu công suất giữa các nhà máy điện là

$$b_1 = b_2$$

Vậy ta có hệ phương trình

$$\left.\begin{aligned} &2.0,5.10^{-3}P_1 + 0,3 = 2.10^{-3}P_2 + 0,34 \\ &P_1 + P_2 = 240 \end{aligned}\right\}$$

Nghiệm của hệ phương trình:

$$P_1 = 173,33\ MW \text{ và } P_2 = 66,67\ MW.$$

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 $Q_2 = 16,67$ MVAr.

Xác định hao tổn công suất tác dụng trong mạng

$$\Delta P_1 = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} r_0 l_1 = \frac{173,33^2 + 43,33^2}{220^2}.0,12.100 = 7,915 \text{ MW};$$

$$\Delta P_2 = \frac{66,67^2 + 16,67^2}{220^2}.0,12.25 = 0,293 \text{ MW}.$$

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:

$$\Delta Q_1 = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} x_0.l_1 = \frac{173,33^2 + 43,33^2}{220^2}.\ 0,43.25 = 28,36 \text{ MVAr};$$

$$\Delta Q_2 = \frac{66,67^2 + 16,67^2}{220^2}.0,43.25 = 1,04 \text{ MVAr}.$$

Tổng công suất phản kháng phát ra của các nhà máy điện

$$Q_I = Q_1 + \Delta Q_1 = 43,33 + 28,36 = 71,69 \text{ MVAr};$$

$$Q_{II} = Q_2 + \Delta Q_2 = 16,67 + 1,04 = 17,72 \text{ MVAr}.$$

Chi phí sản xuất điện năng của các nhà máy điện:

$$Z_1 = 0,5.10^{-3}.181,245^2 + 0,3.181,245 + 2 = 72,8 \text{ TOE/h};$$

$$Z_2 = 10^{-3}.66,96^2 + 0,34.66,96 + 1,2 = 42,33 \text{ TOE/h}.$$

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

$$\frac{b_1}{1-\sigma_{p1}} = \frac{b_2}{1-\sigma_{p2}}$$

$$\sigma_{p1} = \frac{\partial \Delta P_1}{\partial P_1} = \frac{2P_1R_1}{U^2}\ ; \quad \sigma_{p2} = \frac{\partial \Delta P_2}{\partial P_2} = \frac{2P_2R_2}{U^2}\ .$$

Thay số vào ta có hệ phương trình

$$\left.\begin{aligned} &\frac{2.0{,}5.10^{-3}P_1 + 0{,}3}{1-\dfrac{2.P_1.12}{220^2}} = \frac{2.10^{-3}P_2 + 0{,}34}{1-\dfrac{2.P_2.3}{220^2}} \\ &P_1 + P_2 = 240 \end{aligned}\right\}$$

Giải hệ phương trình trên ta tìm được

$$P_1 = 161{,}561 \quad \text{và } P_2 = 78{,}439 \text{ MW}$$

Tương tự như cách giải ở phần trên ta có

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{161{,}561}{78{,}439} = 2{,}06 \rightarrow Q_1 = 2{,}06\ Q_2,\ \text{mà } Q_1 + Q_2 = 60$$

nên dễ dàng tìm được $Q_1 = 40{,}93$ và $Q_2 = 19{,}61$ MVAr.

Xác định hao tổn công suất tác dụng và phản kháng

$$\Delta P_1 = \frac{161{,}561^2 + 40{,}39^2}{220^2}\,12 = 6{,}876 \text{ MW}$$

$$\Delta P_2 = \frac{78{,}439^2 + 19{,}61^2}{220^2}\,3 = 0{,}405 \text{ MW}$$

$$\Delta Q_1 = \frac{161{,}561^2 + 40{,}39^2}{220^2}\,60 = 34{,}38 \text{ MVAr}$$

$$\Delta Q_2 = \frac{78{,}439^2 + 19{,}61^2}{220^2}\,3 = 2{,}025 \text{ MVAr}$$

Công suất phát thực tế của các nhà máy điện

$$P_I = P_1 + \Delta P_1 = 161{,}561 + 6{,}876 = 168{,}437 \text{ MW}$$

$$P_{II} = P_2 + \Delta P_2 = 78{,}439 + 0{,}405 = 78{,}844$$

$$Q_I = Q_1 + \Delta Q_1 = 40{,}39 + 34{,}38 = 74{,}77 \text{ MVAr}$$

$$Q_{II} = Q_2 + \Delta Q_2 = 19{,}61 + 2{,}025 = 21{,}635 \text{ MVAr}$$

Chi phí

$$Z_1 = 0,5.10^{-3}.168,347^2 + 0,3.168,347 + 2 = 66,717 \text{ TOE/h}$$

$$Z_2 = 10^{-3}.78,844^2 + 0,34.78,844 + 1,2 = 34,223$$

Tổng chi phí

$$Z_\Sigma = Z_1 + Z_2 = 66,717 + 34,223 = 100,94 \text{ TOE/h}$$

Sai số giữa hai phương pháp

$$\Delta Z = \frac{101,25 - 100,94}{101,25} 100 = 0,31\ \%$$

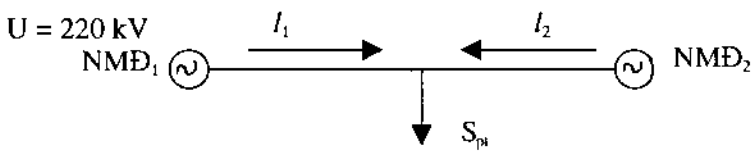
Nhận xét: Có thể nói sai số không đáng kể, vì vậy trong thực tế có thể áp dụng phương pháp gần đúng không cần xét đến ảnh hưởng của hao tổn trong mạng điện, điều đó cho phép đơn giản hoá bài toán đi rất nhiều.

Bài 11.16: Nhà máy điện 1 và 2 có các đặc tính chi phí tương ứng

$$Z_1 = 25.10^{-4}P_1^2 + 0,54\ P_1 + 42 \text{ TOE/h; (tấn than tiêu chuẩn/h);}$$

$$Z_2 = 17.10^{-4}P_2^2 + 0,95\ P_2 + 36$$

Các nhà máy được hòa vào mạng điện 220 kV với phụ tải S_{pt} = 378 MVA hệ số cosφ = 0,86, Chiều dài đường dây từ nhà máy 1 đến điểm tải là l_1= 115 km và từ nhà máy 2 là l_2=107 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 Ω/km

Xác định các thành phần công suất tác dụng và phản kháng:

$$P = S.\cos\varphi = 560.0,86 = 325,08 \text{ MW và } Q = S.\sin\varphi = 192,89 \text{ MVAr}$$

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 $Q_2 = 85,85$ MVAr;

Xác định hao tổn công suất tác dụng trong mạng

$$\Delta P_1 = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} r_0 l_1 = \frac{180,39^2 + 107,04^2}{220^2}.0,1.115 = 12,545 \text{ MW}$$

$$\Delta P_2 = \frac{144,69^2 + 85,85^2}{220^2}.0,1.107 = 6,26 \text{ MW}$$

Công suất phát thực tế của các máy phát

$$P_T = P_1 + \Delta P_1 = 180,39 + 12,545 = 192,935 \text{ MW}$$

$$P_{II} = P_2 + \Delta P_2 = 144,69 + 6,26 = 150,95 \text{ MW}$$

Chi phí sản xuất điện năng của các nhà máy điện:

$$Z_1 = 25.10^{-4}192,93^2 + 0,54 .192,93 + 42 = 239,243 \text{ (TOE/h)}$$

$$Z_2 = 17.10^{-4}150,95^2 + 0,95 .150,95 + 36 = 218,14 \text{ (TOE/h)}$$

Tổng chi phí

$$Z_\Sigma = Z_1 + Z_2 = 239,243 + 218,14 = 457,38 \text{ TOE/h}$$

b. Giải theo phương pháp Lagrange

$$Z = Z_1 + Z_2 = 25.10^{-4}P_1^2 + 0,54\,P_1 + 42 + 17.10^{-4}P_2^2 + 0,95\,P_2 + 36$$

Hàm ràng buộc:

$$P_{pt} = P_1 + P_2 \text{ hay } W = 325,08 - (P_1 + P_2) = 0$$

Hàm Lagrange có dạng

$$L = Z + \lambda W = 25.10^{-4}P_1^2 + 0,54\,P_1 + 42 + 17.10^{-4}P_2^2 + 0,95\,P_2 + 36 + \lambda(325,08 - P_1 - P_2)$$

Lấy đạo hàm

$$\frac{\partial L}{\partial P_1} = 2.25.10^{-4}\,P_1 + 0,54 - \lambda = 0 \quad \text{suy ra } P_1 = \frac{\lambda - 0,54}{50.10^{-4}} = 200\lambda - 108$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_2} = 2.17.10^{-4}\,P_2 + 0,95 - \lambda = 0 \quad \text{suy ra } P_2 = \frac{\lambda - 0,95}{34.10^{-4}} = 294,12\,\lambda - 279,41$$

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

$$P_1 = 200.1,442 - 108 = 180,39 \text{ MW}$$

$$P_2 = 294,12.1,442 - 279,41 = 144,69 \text{ MW}$$

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 $Z_1 = 0,35.10^{-3}P_1^2 + 0,42\,P_1 + 3,45$ (TOE/h) (tấn than tiêu chuẩn/h)

$Z_2 = 0{,}85.10^{-3}P_2^2 + 0{,}39\,P_2 + 2{,}15$

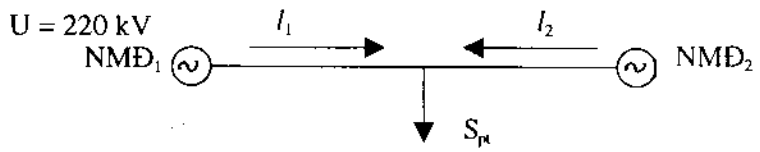
Các nhà máy được hòa vào mạng điện 220 kV (hình 11.8). với phụ tải S_{pt}= 245 MVA, hệ số cosφ = 0,8 . Đường dây từ nhà điểm tải đến nhà máy điện 1 dài 98,6 km và đến nhà máy 2 là 67,3 km được làm bằng dây ACO-185.

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 Ω/km;

$R_1 = r_0.l_1 = 0{,}17.98{,}6 = 16{,}76\ \Omega$; $X_1 = x_0.l_1 = 0{,}263.\ 98{,}6 = 25{,}93\ \Omega$

$R_2 = r_0.l_2 = 0{,}17.67{,}3 = 11{,}44\ \Omega$; $X_2 = x_0.l_2 = 0{,}263.\ 67{,}3 = 17{,}7\ \Omega$

Biểu thị công suất

$S = P + j.Q = S.\cos\varphi + S.\sin\varphi = 245.0{,}8 + 245.0{,}6 = 196 + j147$ MVA

Điều kiện phân bố tối ưu công suất giữa các nhà máy điện là

$b_1 = b_2$;

$b_1 = \dfrac{\partial Z_1}{\partial P_1} = 2.0{,}35.10^{-3}P_1 + 0{,}42$; $b_2 = \dfrac{\partial Z_2}{\partial P_2} = 2.0{,}85.10^{-3}P_2 + 0{,}39$;

Giải hệ phương trình

$$\left.\begin{aligned} &2.0{,}35.10^{-3}P_1 + 0{,}42 = 2.0{,}85.10^{-3}P_2 + 0{,}39 \\ &P_1 + P_2 = 196 \end{aligned}\right\}$$

Giải ra ta tìm được P_1 = 126,33 MW và P_2 = 69,67 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

$$\Delta P_1 = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} R_1 = \frac{126,33^2 + 94,75,33^2}{220^2}.16,76 = 8,636 \text{ MW}$$

$$\Delta P_2 = \frac{69,67^2 + 52,25^2}{220^2} 11,44 = 1,792 \text{ MW};$$

Công suất phát thực tế của các máy phát

$$P_I = P_1 + \Delta P_1 = 126,33 + 8,262 = 134,97 \text{ MW};$$

$$P_{II} = P_2 + \Delta P_2 = 69,67 + 1,792 = 71,46 \text{ MW}.$$

Chi phí sản xuất điện năng của các nhà máy điện:

$$Z_1 = 0,35.10^{-3}.134,97^2 + 0,42.134,97 + 3,45 = 66,51 \text{ TOE/h}$$

$$Z_2 = 0,85.10^{-3}.71,46^2 + 0,39.71,46 + 2,15 = 34,36 \text{ TOE/h}$$

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 = 24h) 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;

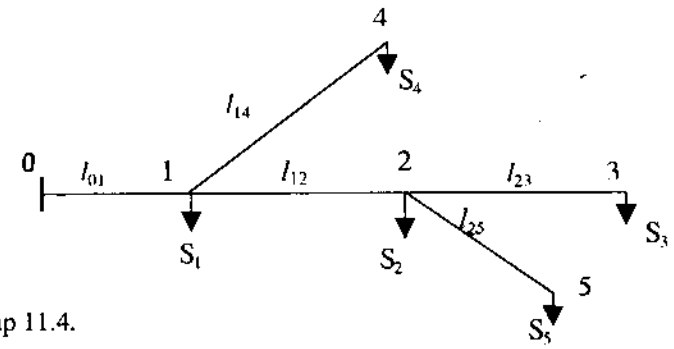
c. phương pháp phần trăm hao tổn công suất cực đại.

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 cosφ = 0,831; dòng điện cực đại đo 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 cosφ và hệ số mang tải k_{mt} 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_{mt}	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 ТМТГ.6300/110 và ТМТГ. 16000/110. Hãy xác định phạm vi làm việc kinh tế của trạm.

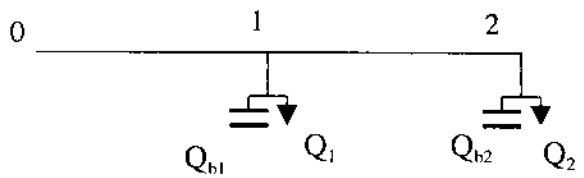
11.6. Trạm biến áp 110/10,5 kV có 4 máy ТРДН -16000/110 , hãy xác định phạm vi làm việc kinh tế của trạm.

11.7. Xác định dung lượng bù công suất phản kháng để nâng hệ số công suất cosφ 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 hcho 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, cosφ = 0,76, thời gian sử dụng công suất cực đại T_M = 5000h.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 ΔP_b = 0,004 kW/kVAr; giá thành tổn thất c_Δ = 750 đ/kWh, tỷ lệ chi phí khấu hao và thu hồi vốn p = 0,165.

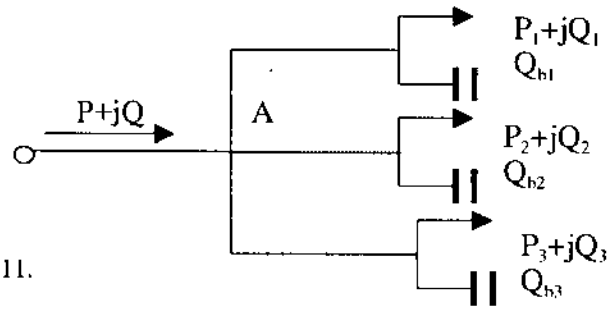
11.10. Hãy xác định dung lượng bù tối ưu cho mạng điện hạ áp 0,38 kV với sơ đồ như hình 11.10, biết: suất vốn đầu tư của tụ bù là $v_b = 145.10^3$đ/kVAr; suất tổn thất trong tụ bù ΔP_b = 0,004 kW/kVAr; giá thành tổn thất c_Δ = 800 đ/kWh. Công suất phản kháng trong mạng điện là Q_1 = 32; và Q_2 = 27,5 đường 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
cosφ	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 cosφ = 0,73, công suất phản kháng cần bù được xác định là Q_b = 175kVAr. Hãy chọn điểm đặt tối ưu cho các cơ cấu bù, biết suất vốn đầu tư cho tụ cao áp là $v_c = 85.10^3$ và của tụ hạ áp là $v_h = 150.10^3$ đồng/kVAr, thời gian hao tổn cực đại τ = 3120h; giá thành hao tổn điện năng c_Δ = 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

$$Z_1 = (1,75P_1^2 + 173,5\,P_1 + 2160).10^2 \text{ đ/h}$$

$$Z_2 = (2,05P_2^2 + 132,5\,P_2 + 2730).10^2$$

Phụ tải P_{pt} = 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

$$Z_1 = (0,316.\,P_1^2 + 78.50 + 2147,66)10^3 \text{ đ/h}$$

$$Z_2 = (0,256\,P_2^2 + 95,67.P_2 + 2358,55)10^3, \text{ đ/h}$$

$$Z_3 = (0,179\,P_3^2 + 105,36.P_3 + 1987,68)10^3, \text{ đ/h}$$

$$Z_4 = (0,237\,P_4^2 + 88,72.P_4 + 2115,23)10^3, \text{ đ/h}$$

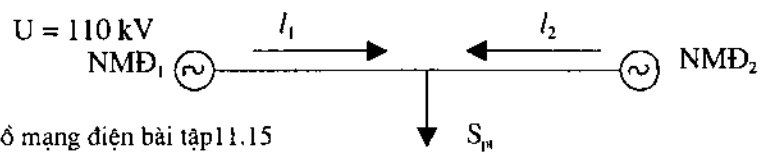
Biết phụ tải yêu cầu của hệ thống điện quốc gia là 350 MW,

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

$$Z_1 = 20.10^{-4}P_1^2 + 0,67\,P_1 + 54,78 \text{ TOE/h; (tấn than tiêu chuẩn/h);}$$

$$Z_2 = 31.10^{-4}P_2^2 + 0,38\,P_2 + 47,5$$



Hình 11.12 Sơ đồ mạng điện bài tập11.15

Các nhà máy được hòa vào mạng điện 110 kV với phụ tải S_{pt} = 240 MVA hệ số cosφ = 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

$Z_1 = 5{,}6.10^{-4}P_1^2 + 0{,}53\ P_1 + 4{,}78$ TOE/h; (tấn than tiêu chuẩn/h);

$Z_2 = 3{,}6.10^{-4}P_2^2 + 0{,}78\ P_2 + 5{,}25$

Các nhà máy được hòa vào mạng điện 220 kV với phụ tải S_{pt} = 600 MVA hệ số cosφ = 0,82. Đường dây từ nhà máy 1 đến điểm tải dài l_1= 105,45 km được làm bằng dây ACO.240 và từ nhà máy 2 dài l_2= 85,67 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

$$F = k \int_{\lambda=380}^{780} P(\lambda).v(\lambda)d\lambda \text{ ; lm,} \qquad (12.1)$$

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

$$\eta = \frac{F}{P}\text{, lm/W} \qquad (12.2)$$

1.1.2. Cường độ sáng I

Cường độ sáng là mật độ không gian của quang thông do nguồn bức xạ

$$I = \frac{F}{\Omega}\text{, cd;} \qquad 4(12.3)$$

Ω - góc khối hay góc đặc trong không gian, có đơn vị là steradian (Sr)

$$\Omega = \frac{S}{R^2}\text{ ;} \qquad (12.4)$$

S - diện tích bao nhìn; R – bán kính của hình cầu;

$$\Omega_{Max} = \frac{S}{R^2} = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi \qquad (12.5)$$

1.1.3. Độ rọi E: Độ rọi là mật độ quang thông trên bề mặt chiếu sáng

$$E = \frac{F}{S}\cos\alpha,\ lx\ (lux); \qquad (12.6)$$

α - góc xiên từ nguồn sáng đến bề mặt S so với phương thẳng góc.

$$E = \frac{F}{S}\cos\alpha = \frac{\Omega.I}{S}\cos\alpha = \frac{S.I}{R^2S}\cos\alpha = \frac{I}{R^2}\cos\alpha; \qquad (12.7)$$

Nếu cosα = 1 thì

$$E = \frac{I}{R^2} \qquad (12.8)$$

1.1.4. Độ chói L

$$L = \frac{I}{S.\cos\alpha}\ cd/m^2 \qquad (12.9)$$

Độ chói của bề mặt phản xạ

$$L_\rho = \frac{\rho}{\pi}E \qquad (12.10)$$

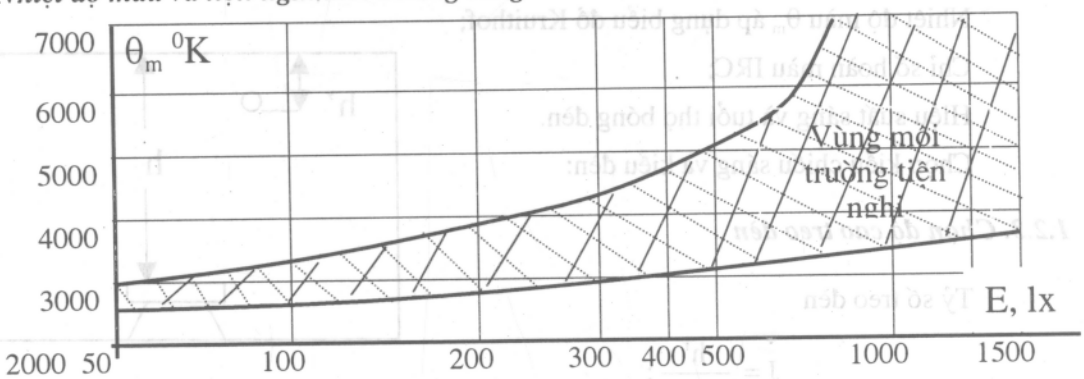
Độ chói của bề truyền sáng

$$L_\tau = \frac{\tau}{\pi}E, \qquad (12.11)$$

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;

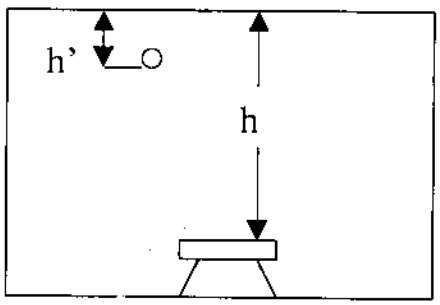
Hiệu suất sáng và tuổi thọ bóng đèn.

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

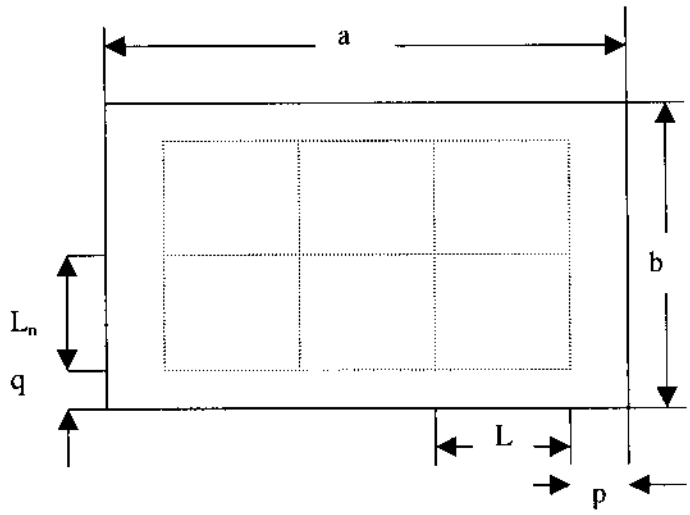
Bảng 12.3. Tỷ số L/h của các loại đèn chiếu sáng

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 vạn 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

$$\frac{L_d}{3} \leq q \leq \frac{L_d}{2}; \qquad (12.13)$$

$$\frac{L_n}{3} \le p \le \frac{L_n}{2}; \qquad (12.14)$$

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

$$F_\Sigma = \frac{E_{yc}S.k_{dt}}{\eta.k_{ld}}, \qquad (12.15)$$

trong đó:

E_{yc} - độ rọi yêu cầu, lx;

S – diện tích bề mặt chiếu sáng, m^2;

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

$$k_{kg} = \frac{a.b}{h(a+b)}; \qquad (12.16)$$

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

$$N = \frac{F_\Sigma}{F_d}; \qquad (12.17)$$

F_d – quang thông của đèn.

$$F_d = \frac{F_\Sigma}{N}; \qquad (12.18)$$

1.2.7. Kiểm tra độ rọi tại các điểm chiếu sáng

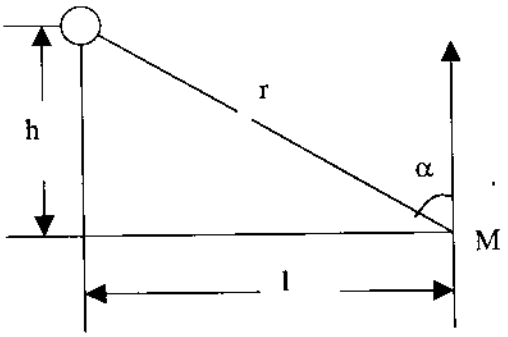
a. Kiểm tra độ rọi trung bình trên bề mặt chiếu sáng

$$E = \frac{E_d.N.\eta.k_{bd}}{a.b.k_{dt}}. \qquad (12.19)$$

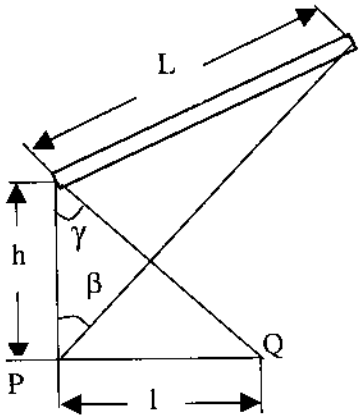
b. Kiểm tra độ rọi trên bề mặt chiếu sáng khi chỉ có một nguồn sáng duy nhất

* Đối với nguồn sáng điểm:

$$E_M = \frac{I\cos^3\alpha}{h^2}; \qquad (12.20)$$



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:

$$E_p = \frac{I_c}{2h}\left(\frac{L.h}{L^2 + h^2} + \beta\right) \qquad (12.21)$$

Với $\beta = \text{arctg}\frac{L}{h}$

I_c – cường độ sáng trên một đơn vị chiều dφ đèn ống

$$I_c = \frac{F}{\pi^2 L} = \frac{F}{9{,}86.L}; \qquad (12.22)$$

F – quang thông tổng phát ra từ nguồn sáng $F = \eta P_d$,

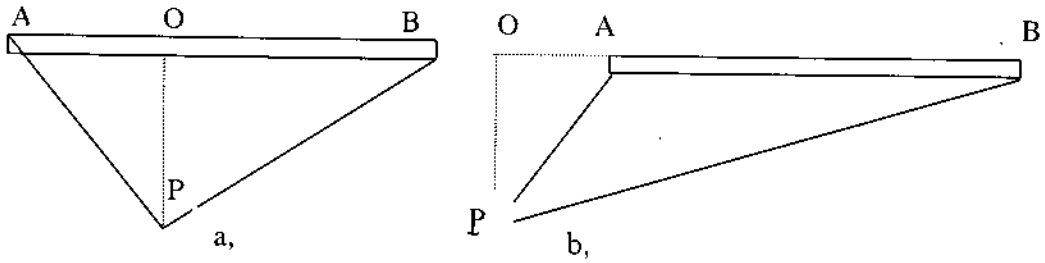
η - hiệu suất của bóng đèn;

P_d- công suất của bóng đèn.

Đối với đèn khuếch tán hoàn toàn thì

$$I_c = \frac{F}{9,25L} \qquad (12.23)$$

Độ rọi tại điểm P trong các trường hợp đặc biết 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*

$$E_q = E_p.\cos\gamma; \qquad (12.24)$$

trong đó : $\gamma = \text{arctg}\frac{l}{h}$;

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 $E = 116.10^3$lx. Bán kính của Trái Đất là $r_d = 6300$ km. Hỏi:

a. Quang thông bức xạ của Mặt Trời xuống Trái Đất ?

b. Cường độ sáng bức xạ từ Mặt Trời, biết khoảng cách giữa Trái Đất và Mặt Trời là $d = 150.10^6$ km;

c. Độ chói quan sát từ Trái Đất? Bán kính của Mặt Trời $R_{Mt} = 695.10^3$ km.

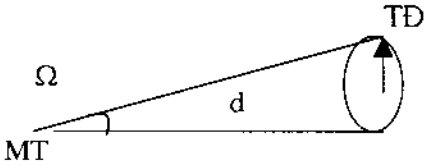
Giải:

a. Coi quang thông do Mặt Trời bức xạ xuống Trái Đất sẽ rơi vào bề mặt $\pi.r_d^2$ vuông góc với hướng MT-TĐ

Khi đó $F = E.S = E.\pi r^2_d$

$$F = 116.10^3.3,14.(6,3)^2.10^{12} = 145.10^{17},\ lm.$$

b. Góc nhìn Trái Đất từ Mặt Trời



$$\Omega_t = \frac{\pi.r_d^2}{d^2} = \frac{3,14.6300^2}{150^2.10^{12}} = 5,54.10^{-9}\ Sr;$$

Cường độ bức xạ từ Mặt Trời

$$I = \frac{F}{\Omega} = \frac{145.10^{17}}{5,54.10^{-9}} = 26,17.10^{26}\ cd;$$

c. Đối với người quan sát từ Trái Đất thì độ chói của Mặt Trời như bức xạ từ mặt tròn πR_t^2 nhìn từ Trái Đất:

$$L = \frac{I}{S.\cos\alpha} = \frac{26,17.10^{26}}{3,14.695^2.10^{12}} = 1,72.10^9\ cd/m^2$$

Coi ánh sáng chiếu thẳng với $\cos\alpha = 1$.

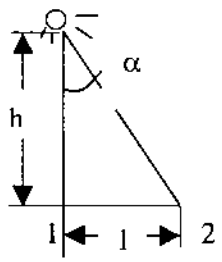
Bài 12. 2. Một ngọn đèn điện 75 W/220V treo ở độ cao h=1,35 m so với bề mặt làm việc, phát quang theo mọi hướng với F = 970 lm. Hãy xác định:

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 ρ = 0,75.

d- Đặt bóng đèn trong quả cầu thuỷ tinh mờ có đường kính là 0,25 m với hệ số truyền sáng τ = 0,85, xác định độ chói của quả cầu này.



Hình 12.7. Tính toán độ rọi với nguồn sáng điểm bài 12.2.

Giải: Do đèn chiếu theo mọi hướng nên góc khối

$$\Omega = \Omega_{max} = 4\pi$$

Cường độ sáng của bóng đèn

$$I = \frac{F}{\Omega} = \frac{970}{4.3,14} = 77,2\ cd$$

a. Xác định độ rọi tại điểm 1:

Tại điểm 1 thẳng góc với đèn góc α = 0, tức $\cos\alpha = 1$ vậy độ rọi

$$E_1 = \frac{I.\cos\alpha}{h^2} = \frac{77,2.1}{1,35^2} = 42,36\ lx.$$

b. Độ rọi tại điểm 2: $\alpha = \text{arctg}\frac{l}{h} = \text{arctg}\frac{0,6}{1,35} \Rightarrow \cos\alpha = 0,914$

$$E_2 = \frac{I.\cos^3\alpha}{h^2} = \frac{77,2.0,914^3}{1,35^2} = 32,33 \text{ lx.}$$

c. Độ chói của trang giấy xác định theo biểu thức Lambert

$$L_\rho = \frac{\rho.E_2}{\pi} = \frac{0,75.32,33}{3,14} = 7,72 \text{ cd/m}^2.$$

d. Sau khi xuyên qua cầu thuỷ tinh cường độ sáng của đèn có độ chói

$$L_c = \frac{\tau I}{S_c} = \frac{0,85.77,2}{3,14.0,125^2} = 1337,134 \text{ cd/m}^2.$$

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 = 2x1390 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 thuỷ 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

$$I = \frac{F}{\Omega} = \frac{2.1390}{4.3,14} = 221,27 \text{ cd;}$$

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

$$E_1 = \frac{I.\cos\alpha}{h^2} = \frac{221,27.1}{1,5^2} = 98,34 \text{ lx.}$$

b. Độ rọi tại điểm 2: $\alpha = \text{arctg}\frac{l}{h} = \text{arctg}\frac{0,84}{1,5} \Rightarrow \cos\alpha = 0,872$

$$E_2 = \frac{I.\cos^3\alpha}{h^2} = \frac{221,34.0,872^3}{1,5^2} = 32,33 \text{ lx}.$$

c. Độ chói của trang giấy xác định theo biểu thức Lambert

$$L_\rho = \frac{\rho.E_2}{\pi} = \frac{0,75.32,33}{3,14} = 15,6 \text{ cd/m}^2.$$

d. Sau khi xuyên qua cầu thuỷ tinh cường độ sáng của đèn có độ chói

$$L_c = \frac{\tau I}{S_c} = \frac{0,85.221,34}{3,14.0,175^2} = 1955,2 \text{ cd/m}^2.$$

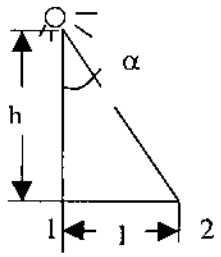
Bài 12. 4. Một ngọn đèn điện gồm 1 bóng đèn Halogen 120 W/220V treo ở độ cao 1,5 m so với bề mặt làm việc, phát quang theo mọi hướng với F = 9300 lm. Hãy xác định:

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 thuỷ 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.



Hình 12.8. Tính toán độ rọi với nguồn sáng điểm bài 12.4.

Giải: Do đèn chiếu theo mọi hướng nên góc khối

$$\Omega = 4\pi$$

Cường độ sáng của bóng đèn

$$I = \frac{F}{\Omega} = \frac{9300}{4.3,14} = 740,21 \text{ cd};$$

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

$$E_1 = \frac{I.\cos\alpha}{h^2} = \frac{740,21.1}{1,5^2} = 329 \text{ lx}.$$

b. Độ rọi tại điểm 2: $\alpha = \text{arctg}\frac{l}{h} = \text{arctg}\frac{0,84}{1,5} \Rightarrow \cos\alpha = 0,872$

$$E_2 = \frac{I.\cos^3\alpha}{h^2} = \frac{740,21.0,872^3}{1,5^2} = 218,51 \text{ lx}.$$

c. Độ chói của bề mặt chiếu sáng xác định theo biểu thức Lambert

$$L_p = \frac{\rho.E_2}{\pi} = \frac{0,75.218,51}{3,14} = 52,18 \text{ cd/m}^2.$$

d. Sau khi xuyên qua cầu thuỷ tinh cường độ sáng của đèn có độ chói

$$L_c = \frac{\tau I}{S_c} = \frac{0,85.740,21}{3,14.0,175^2} = 6540,79 \text{ cd/m}^2.$$

Bài 12.5: Một đèn huỳnh quang dài L = 1,2 m có công suất 40 W với hiệu suất phát quang η = 50 lm/W, 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 (coi đèn khuếch tán hoàn toàn).

Giải: Trước hết ta xác định quang thông của bóng đèn

$$F = \eta.\ P = 50.40 = 2000 \text{ lm}$$

Cường độ ánh sáng

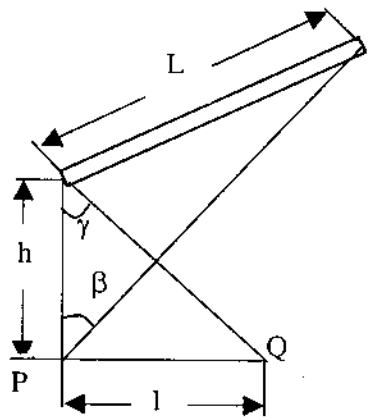
$$I_c = \frac{F}{9,25.L} = \frac{2000}{9,25.1,2} = 180,12 \text{ cd}$$

$$\beta = \text{arctg}\frac{L}{h} = \text{arctg}\frac{1,2}{1,45} = 0,69 \text{ rad.}$$

$\Rightarrow \cos\beta = 0,77$ và $\sin\beta = 0,637$;

$$\gamma = \text{arctg}\frac{l}{h} = \text{arctg}\frac{1,67}{1,45} = 0,855 \text{ rad,}$$

$\Rightarrow \cos\gamma = 0,656$;



Hình 12.9. Tính toán độ rọi với nguồn sáng đường bài 12.5.

Độ rọi tại điểm P trên mặt phẳng làm việc thẳng góc với đèn

$$E_p = \frac{I_c}{2h}\left(\frac{L.h}{L^2 + h^2} + \beta\right) = \frac{I_c}{2h}(\sin\beta.\cos\beta + \beta)$$

$$E_p = \frac{180,12}{2.1,45}\left(\frac{1,2.1,45}{(1,2^2 + 1,45^2)} + 0,69\right) = 73,47 \text{ lx;}$$

Độ rọi tại điểm Q

$$E_q = E_p.\cos\gamma = 73,47.\ 0,656 = 48,17 \text{ lx.}$$

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

$$I_c = \frac{F}{9,86.L} = \frac{3450}{9,86.1,2} = 291,58 \text{ cd}$$

$$\beta = \text{arctg}\frac{L}{h} = \text{arctg}\frac{1,2}{1,45} = 0,69 \text{ rad.} \Rightarrow \cos\beta = 0,77 \text{ và } \sin\beta = 0,637$$

$$\gamma = \text{arctg}\frac{l}{h} = \text{arctg}\frac{1,67}{1,45} = 0,855 \text{ rad,} \Rightarrow \cos\gamma = 0,656$$

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

$$I_c = \frac{F}{9,86.L} = \frac{2.2850}{9,86.1,2} = 481,744 \text{ cd}$$

$$\beta = \text{arctg}\frac{L}{h} = \text{arctg}\frac{1,2}{1,55} = 0,66 \text{ rad.} \Rightarrow \cos\beta = 0,79 \text{ và } \sin\beta = 0,61$$

$$\gamma = \text{arctg}\frac{l}{h} = \text{arctg}\frac{2}{1,55} = 0,911 \text{ rad}, \Rightarrow \cos\gamma = 0,61$$

Độ rọi tại điểm P trên mặt phẳng làm việc thẳng góc với đèn

$$E_p = \frac{I_c}{2h}\left(\frac{L.h}{L^2 + h^2} + \beta\right) = \frac{I_c}{2h}(\sin\beta.\cos\beta + \beta)$$

$$E_p = \frac{481,74}{2.1,55}\left(\frac{1,2.1,55}{(1,2^2 + 1,55^2)} + 0,66\right) = 177,6 \text{ lx};$$

Độ rọi tại điểm Q

$$E_q = E_p.\cos\gamma = 177,6.\ 0,61 = 108,79 \text{ lx}.$$

Bài 12.8. Một đèn huỳnh quang mã hiệu TFP36 dài L = 1,2 m 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 điểm O (nằm giữa A bà B) cách đấu 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 m theo phương nằm ngang.

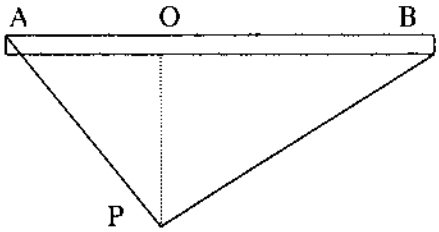
Giải: Theo mã hiệu của đèn ta xác định

các tham số: công suất P = 36 W,

quang thông F = 2850 lm (bảng 45.pl) [1]

Cường độ sáng của đèn

$$I_c = \frac{F}{9,86.L} = \frac{2850}{9,86.1,2} = 240,87 \text{ cd}$$



Hình 12.10. Tính toán độ rọi với nguồn sáng đường bài 12.8.

Ta coi như đèn được chia thành 2 phần:

nửa thứ nhất có chiều dài $L_1 = \frac{L}{3} = \frac{1,2}{3} = 0,4$ m

nửa thứ hai dài $L_2 = L - L_1 = 1,2 - 0,4 = 0,8$ m

$$\beta_1 = \text{arctg}\frac{L_1}{h} = \text{arctg}\frac{0,4}{1,5} = 0,26 \text{ rad.} \Rightarrow \cos\beta = 0,966$$

$$\beta_2 = \text{arctg}\frac{L_2}{h} = \text{arctg}\frac{0,8}{1,5} = 0,49 \text{ rad.} \Rightarrow \cos\beta = 0,882$$

$$\gamma = \text{arctg}\frac{l}{h} = \text{arctg}\frac{2}{1,55} = 0,911 \text{ rad}, \Rightarrow \cos\gamma = 0,61;$$

Xác định các thành phần độ rọi

$$E_{AO} = \frac{I_c}{2h}\left(\frac{L_1.h}{L_1^2 + h^2} + \beta_1\right) = \frac{240,87}{2.1,5}\left(\frac{0,4.1,5}{(0,4^2 + 1,5^2)} + 0,26\right) = 40,91 \text{ lx}$$

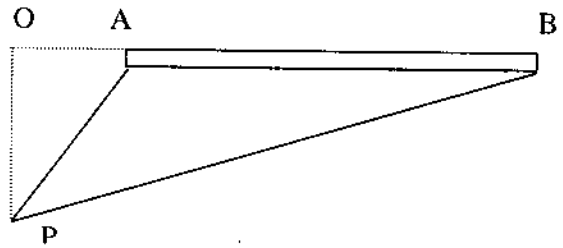
$$E_{BO} = \frac{I_c}{2h}\left(\frac{L_2.h}{L_2^2 + h^2} + \beta_2\right) = \frac{240,87}{2.1,5}\left(\frac{0,8.1,5}{(0,8^2 + 1,5^2)} + 0,49\right) = 72,68 \text{ lx}$$

Độ rọi tại điểm P: $E_P = E_{AO} + E_{AO} = 40,91 + 72,68 = 113,59$ lx

Độ rọi tại điểm Q

$$E_q = E_p.\cos\gamma = 113,59.\ 0,61 = 77,69 \text{ lx}.$$

Bài 12.9. Một đèn huỳnh quang mã hiệu TFP36 dài L = 1,2 m 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 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 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 W, quang thông F = 2850 lm (bảng 45.pl) [1]

Cường độ sáng của đèn

$$I_c = \frac{F}{9,86.L} = \frac{2850}{9,86.1,2} = 240,87 \text{ cd}$$

Ta coi như đèn được chia thành 2 phần:

nửa thứ nhất có chiều dài đẳng trị $L_1 = \frac{L}{3} = \frac{1,2}{3} = 0,4$ m

nửa thứ hai dài $L_2 = L + L_1 = 1,2 + 0,4 = 1,6$ m

$$\beta_1 = \text{arctg}\frac{L_1}{h} = \text{arctg}\frac{0,4}{1,5} = 0,26 \text{ rad.} \Rightarrow \cos\beta = 0,966$$

$$\beta_2 = \text{arctg}\frac{L_2}{h} = \text{arctg}\frac{1,6}{1,5} = 0,82 \text{ rad.} \Rightarrow \cos\beta = 0,683$$

$$\gamma = \text{arctg}\frac{l}{h} = \text{arctg}\frac{2}{1,55} = 0,911 \text{ rad}, \Rightarrow \cos\gamma = 0,61;$$

Xác định các thành phần độ rọi

$$E_{AO} = \frac{I_c}{2h}\left(\frac{L_1.h}{L_1^2 + h^2} + \beta_1\right) = \frac{240,87}{2.1,5}\left(\frac{0,4.1,5}{(0,4^2 + 1,5^2)} + 0,26\right) = 40,91 \text{ lx}$$

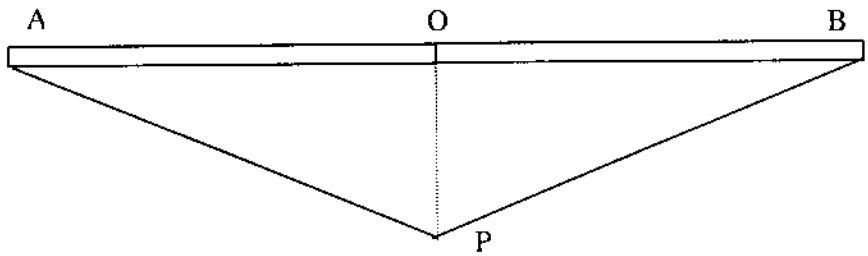
$$E_{BO} = \frac{I_c}{2h}\left(\frac{L_2.h}{L_2^2 + h^2} + \beta_2\right) = \frac{240,87}{2.1,5}\left(\frac{1,6.1,5}{(1,6^2 + 1,5^2)} + 0,82\right) = 105,71 \text{ lx}$$

Độ rọi tại điểm P: $E_p = E_{AO} - E_{AO} = 105,71 - 43,61 = 64,8$ lx

Độ rọi tại điểm Q

$$E_q = E_p.\cos\gamma = 64,8.\ 0,61 = 44,32 \text{ lx.}$$

Bài 12.10. Hai đèn huỳnh quang mã hiệu TFP36 dài L = 1,2 m được treo nối tiếp nhau ở độ cao h = 2 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 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 W, quang thông F = 2850 lm (bảng 45.pl) [1]

Tổng chiều dài của cả hai bóng đèn

$$L_\Sigma = 2.L = 2.1,2 = 2,4 \text{ m}$$

Cường độ sáng của đèn

$$I_c = \frac{F}{9,86.L} = \frac{2.3450}{9,86.2,4} = 291,58 \text{ cd}$$

$$\beta_1 = \beta_2 = \text{arctg}\frac{L}{h} = \text{arctg}\frac{1,2}{2} = 0,54 \text{ rad.} \Rightarrow \cos\beta = 0,86$$

$$\gamma = \text{arctg}\frac{l}{h} = \text{arctg}\frac{2,6}{2} = 0,915 \text{ rad,} \Rightarrow \cos\gamma = 0,61;$$

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

$$E_q = E_p.\cos\gamma = 143,1.\ 0,61 = 87,25 \text{ lx}.$$

Bài 12.11. Thiết kế chiếu sáng cho một nhà xưởng có kích thước axbxH là 18x8,5x4m. 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 lx. Theo biểu đồ Kruithof ứng với độ rọi 100 lx nhiệt độ màu cần thiết là 3000 ^{0}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 lm có nhiệt độ màu 3000^{0}K và chỉ số hoàn màu IRC = 85, công suất P_d = 36 W (bảng 45.pl).

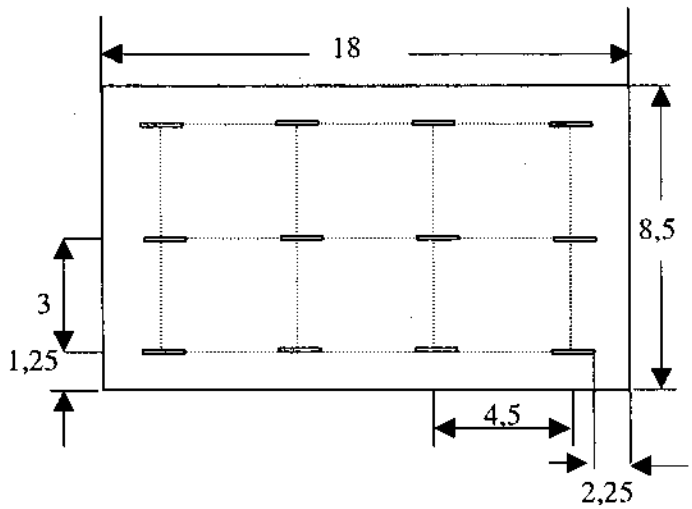
Chọn loại đèn đôi ngầm trong trần (2x F36W-C-W-DT8) có hiệu suất η = 0,6. Giả thiết chiều cao của mặt bằng làm việc là h_{lv} = 0,8 m, xác định chiều cao treo đèn:

$$h = H - h_{lv} =$$

$$= 4 - 0,8 = 3,2 \text{ m};$$

Chọn tỷ số L/h = 1,5 (bảng 12.6.4)

Khoảng cách giữa các đèn L = 1,5.3,2 = 4,8 m, chọn L = 4,5 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 = 4,5m;

Kiểm tra theo điều kiện:

$$\frac{L_d}{3} \le q \le \frac{L_d}{2} \text{ và } \frac{L_n}{3} \le p \le \frac{L_n}{2};$$

$$\frac{4,5}{3} \le 2,25 \le \frac{4,5}{2} \text{ và } \frac{3}{3} \le 1,25 \le \frac{3}{2}.$$

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

$$K_{kg} = \frac{a.b}{h(a+b)} = \frac{18.8,5}{3,2(18+8,5)} = 1,8$$

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

$$F_{\Sigma} = \frac{E_{yc}S.k_{dt}}{\eta.k_{ld}} = \frac{100.18.8,5.1,2}{0,6.0,455} = 67252,75 \text{ lm}$$

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.

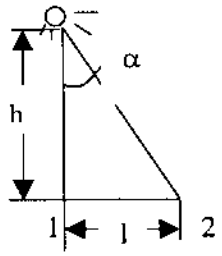
Độ rọi thực tế

$$E = \frac{F_d.N.\eta.k_{ld}}{a.b.k_{dt}} = \frac{2.2850.12.0,6.0,455}{18.8,5.1,2} = 101,71 \text{ lx} > E_{yc}.$$

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 ρ = 0,75.

d- Đặt bóng đèn trong quả cầu thuỷ tinh mờ có đường kính là 0,27 m với hệ số truyền sáng τ = 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 = 2x740 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 ρ = 0,75.

d- Đặt bóng đèn trong quả cầu thuỷ tinh mờ có đường kính là 0,32 m với hệ số truyền sáng τ = 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 ρ = 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 = 2x5400 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 ρ = 0,65.

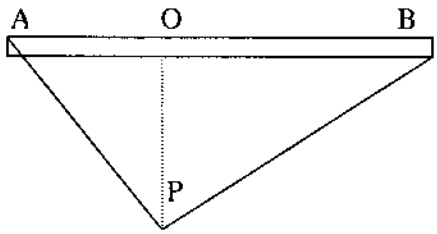
12.5. Một đèn huỳnh quang dài L = 0,6 m có công suất 20 W với hiệu suất phát quang η = 55 lm/W, được treo ở độ cao h =1,5 m so với bề mặt làm việc. Hãy tính độ rọi tại điểm P

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. Hait 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}
1	2	3	4	5	6
A	Văn phòng	18	12	3,9	0,8
Ă	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

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}}, \tag{13.1}$$

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

$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{R_{ng}} = \frac{UR_{td}}{R_{ng}(R_{td} + R_{cd})} = \frac{U}{2.R_{ng} + R_{cd}}, \tag{13.2}$$

trong đó: R_{cd} – điện trở cách điện ;

R_{td} – điện trở tương đương của mạng song song:

$$R_{td} = \frac{R_{ng}R_{I}}{R_{ng} + R_{I}} \tag{13.3}$$

Trong trường hợp điện trở cách điện bị hỏng $R_{cd} = 0$

$$I_{ng} = \frac{U}{2.R_{ng}} \tag{13.4}$$

c. Chạm vào mạng điện đơn giản 1 dây có trung tính nối đất

Dòng điện chạy qua cơ thể người

$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{R_{ng}} = \frac{UR_1}{R_{ng}R_d + R_{ng}R_1 + R_d.R_1} \quad (13.5)$$

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

$$I_{ng} = \frac{U_{ng}}{R_{ng}} = \frac{I_{lv}.R_{ab}}{R_{ng}} \quad (13.7)$$

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 xẩy 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

$$I_{ng} = \frac{U}{2.R_{ng}} \quad (13.8)$$

1.1.2. Mạng điện 3 pha

a. Mạng điện 3 pha trung tính cách ly

Dòng điện chạy qua cơ thể ngời 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 $R_d << R_{ng}$ 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

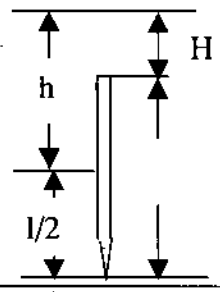
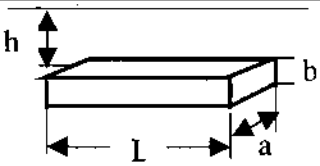
2) Điện trở nối đất nhân tạo

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

$$R_{n.t} = \frac{R_{tn}.R_d}{R_{tn} - R_d} \qquad (13.13)$$

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 $h = H + \frac{l}{2}$		$R_{coc} = \frac{\rho}{2\pi.l}(\ln\frac{2l}{d} + \frac{1}{2}\ln\frac{4h+l}{4h-l})$ (13.14)
Thanh dẹt rộng b dài L cm		$R_{nga} = \frac{\rho}{2\pi.l}\ln\frac{2L^2}{b.h}$ (13.15)

Nếu dùng thép góc bản rộng b thì thay vào biểu thức giá trị $d = d_{dt} = 0{,}95b$;

Điện trở suất của đất $\rho = \rho_0.\ k_i$;

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

$$n_1 = \frac{R_{coc}}{R_{n.t}} \qquad (13.16)$$

5) Điện trở của hệ thống nối đất nhân tạo có tính đến thanh nối

$$R'_{n.t} = \frac{R'_{nga}.R_{n.t}}{R'_{nga} - R_{n.t}} \qquad (13.17)$$

R'_{ng}- điện trở thanh nối có tính đến hệ số sử dụng

$$R'_{nga} = \frac{R_{nga}}{\eta_{nga}} \qquad (13.18)$$

R_{nga} - điện trở thanh nối xác định theo biểu thức (13.15) ;

η_{nga}- hệ số sử dụng của thanh nối ngang phụ thuộc vào tỷ số l_a / l và số lượng cọc n_1 ;

l_a – khoảng cách giữa cọc.

6) Xác định số lượng cọc chính thức

$$n = \frac{R_{coc}}{\eta_{coc} R'_{n.t}} \qquad (13.19)$$

η_{coc} - hệ số sử dụng của cọc phụ thuộc vào tỷ số l_a / l 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

$$F_{min} = I_k^{(1)} \frac{\sqrt{t_k}}{C} ; \qquad (13.20)$$

trong đó : $I^{(1)}_k$ –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 nhiết là là $F_{min} \leq F_{ng} = a.b\ mm^2$.

1.3. Bảo vệ nối dây trung tính

Dòng điện chạy trong mạch khi có nối dây trung tính

$$I_k^{(1)} = \frac{U_f}{Z_f + Z_o} , \qquad (13.21)$$

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

$$U_k = Z_0.I_d = \frac{U_f.Z_0}{Z_f + Z_0} \qquad (13.22)$$

Nếu $Z_f = Z_0$ thì $\quad U_k = \frac{U_f.Z_0}{Z_f + Z_0} = \frac{U_f}{2} \qquad (13.23)$

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

$$U_1 = R_{d1}.I_d = \frac{U_k.R_{d1}}{R_{d1} + R_{d2}} \quad (13.25)$$

$$U_2 = R_{d2}.I_d = \frac{U_k.R_{d2}}{R_{d1} + R_{d2}} \quad (13.26)$$

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

$$X = \frac{U_1.l}{U_1 + U_2} \; ; \quad (13.27)$$

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, biệt điện trở của cơ thể người là R_{ng} = 1,25 kΩ

Giải: Dòng điện chạy qua cơ thể người được xác định theo biểu thức

$$I_{ng} = \frac{U}{R_{ng}} = \frac{220}{1,25} = 176mA.$$

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 kΩ và điện trở cơ thể người là R_{ng} = 1,25 kΩ. Đánh giá mức độ nguy hiểm.

Giải: Dòng điện chạy qua cơ thể người được xác định theo biểu thức

$$I_{ng} = \frac{U}{2R_{ng} + R_{cd}} = \frac{220}{2.1,25 + 22} = 8,98mA$$

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

$$R_{cd} = \frac{U}{I_{ng}} - 2.R_{ng} = \frac{220}{10} - 2.0,85 = 20,3k\Omega .$$

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 = 0,95 Ω, dòng điện làm việc chạy trên đường dây là I_{lv} = 9,5A, điện trở cơ thể người R_{ng} = 1,25 kΩ .

Giải: Trước hết ta xác định độ rơi điện áp trên dây trung tính

$$\Delta U = I_{lv}.R_d = 9,5.0,83 = 7,88V$$

Dòng điện chạy qua cơ thể người có giá trị

$$I_{ng} = \frac{\Delta U}{R_{ng}} = \frac{7,88}{1,25} = 6,31mA .$$

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 Ω/km) chiều dài l = 0,65 m, Phụ tải cuối đường dây là S = 5,45 kVA, điện trở cơ thể người R_{ng} = 1,25 kΩ .

Giải: Trước hết ta xác định điện trở của đường dây

$$Z = Z_0.l = \sqrt{r_0^2 + x_0^2}.l = \sqrt{1,28^2 + 0,35^2}.0,65 = 0,862\ \Omega$$

Dòng điện làm việc chạy trong mạch

$$I_{lv} = \frac{S}{U} = \frac{5,45.10^3}{220} = 24,77A ;$$

Hao tổn điện áp trên dây trung tính

$$\Delta U = I_{lv}.Z = 24,77.0,862 = 21,37\ V$$

Dòng điện chạy qua cơ thể người ở chế độ làm việc bình thường

$$I_{ng} = \frac{\Delta U}{R_{ng}} = \frac{21,37}{1,25} = 17,1mA.$$

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 $R_{ng} = 1,35\ k\Omega$.

Giải: Trước hết ta xác định dòng điện ở chế độ làm việc bình thường

$$I_{lv} = \frac{S}{U} = \frac{9350}{220} = 42,5A$$

Độ rơi điện áp trên dây trung tính

$$\Delta U = I_{lv}.R_d = 42,5.0,42 = 17,86V$$

Dòng điện chạy qua cơ thể người ở chế độ làm việc bình thường

$$I_{ng} = \frac{\Delta U}{R_{ng}} = \frac{17,46}{1,35} = 13,2mA$$

Dòng điện chạy qua cơ thể người ở chế độ sự cố ngắn mạch

$$I_{ng} = \frac{U}{2.R_{ng}} = \frac{220}{2.1,35} = 84,61mA.$$

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 $R_{ng} = 1,15\ k\Omega$.

Trước hết ta xác định điện trở của đường dây

$$Z = Z_0.l = \sqrt{r_0^2 + x_0^2}.l = \sqrt{1,28^2 + 0,35^2}.0,326 = 0,432\ \Omega$$

Dòng điện làm việc chạy trong mạch

$$I_{lv} = \frac{S}{U} = \frac{6,25.10^3}{127} = 49,21A;$$

Hao tổn điện áp trên dây trung tính

$$\Delta U = I_{lv}.Z = 49,21.0,432 = 21,29\ V$$

Dòng điện chạy qua cơ thể người ở chế độ làm việc bình thường

$$I_{ng} = \frac{\Delta U}{R_{ng}} = \frac{21,29}{1,15} = 18,51mA$$

Dòng điện chạy qua cơ thể người ở chế độ sự cố ngắn mạch

$$I_{ng} = \frac{U}{2.R_{ng}} = \frac{127}{2.1,15} = 55,22mA .$$

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 kΩ và điện trở cơ thể người là 1,25 kΩ.

Giải:

a. Dòng điện chạy qua cơ thể người khi chạm vào 1 dây pha ở chế độ làm việc bình thường

$$I_{ng} = \frac{3.U_f}{3.R_{ng} + R_{cd}} = \frac{3.220}{3.1,25 + 45} = 13,54mA .$$

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

$$I_{ng} = \frac{3.\sqrt{3}.U_f}{3.R_{ng} + R_{cd}} = \frac{3.\sqrt{3}.220}{3.1,25 + 45} = 23,45mA$$

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 kΩ.

Giải: Giá trị tối thiểu của điện trở cách điện

$$R_{cd} = \frac{3.U}{I_{ng}} - 3.R_{ng} = \frac{3.220}{10} - 3.0,85 = 63,45k\Omega .$$

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 5,6x8 m, điện trở của hệ thống tiếp địa tự nhiên là R_{tn} = 45 Ω, điện trở suất của đất là $\rho_0 = 0,45.10^4\Omega.cm$ do trong điều kiện ẩm ướt ($k_{cọc}$=2 và k_{nga} = 3); Cường độ dòng điện ngắn mạch một pha chạy qua hệ thống tiếp địa là $I^{(1)}_k$= 360A, 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 Ω. Trước hết ta xác định điện trở tiếp địa nhân tạo

$$R_{nt}=\frac{R_{tn}.R_d}{R_{tn}-R_d}=\frac{45.4}{45-4}=4,39\ \Omega$$

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;

$$R_{coc}=\frac{k_{coc}\rho_0}{2\pi.l}(\ln\frac{2l}{d}+\frac{1}{2}\ln\frac{4h_{tb}+l}{4h_{tb}-l})=\frac{2.0,45.10^4}{2.3,14.250}(\ln\frac{2.250}{6}+\frac{1}{2}\ln\frac{4.175+250}{4.175-250})=25,39\ \Omega$$

Sơ bộ chọn số lượng cọc

$$n=\frac{R_{coc}}{R_{n.t}}=\frac{25,39}{4,39}=5,8\ \text{ chọn n = 6 cọc}$$

Số cọc này được đóng xung quanh trạm biến áp theo chu vi

L = 2(5,6+8) = 27,2 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 η_{coc} = 0,72, số lợi dụng của thanh nối η_{nga}=0,47. Chọn thanh nối tiếp địa bằng thép có kích thước bxc = 50x6 cm. Điện trở tiếp xúc của thanh nối ngang

$$R_{nga}=\frac{k_{nga}\rho_0}{2\pi.L}\ln\frac{2L^2}{b.h}=\frac{3.0,45.10^4}{2.3,14.2720}\ln\frac{2.2720^2}{5.50}=9,1\ \Omega$$

Điện trở thực tế của thanh nối có xét đến hệ số lợi dụng η_{nga} là

$$R'_{nga}=\frac{R_{nga}}{\eta_{nga}}=\frac{9,1}{0,47}=19,34\ \Omega$$

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

$$R'_{nt}=\frac{R'_{nga}.R_{n.t}}{R'_{nga}-R_{n.t}}=\frac{19,34.4,39}{19,34-4,39}=5,68\ \Omega$$

Số lượng cọc chính thức là

$$n_{cl} = \frac{R_{coc}}{\eta_{coc}.R'_{nt}} = \frac{25,39}{0,72.5,68} = 6,2 \text{ cọc chọn } n_{cl} = 7 \text{ cọc.}$$

Kiểm tra độ ổn định nhiệt của hệ thống tiếp địa

$$F_{min} = I_k^{(1)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_t} = 360.\ \frac{\sqrt{1,5}}{74} = 5,96 < S_{tn} = 50.6 = 300 \text{ mm}^2$$

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 $\rho_0 = 2.10^4\Omega$.cm, do 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 Ω.

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;

$$R_{coc} = \frac{k_{coc}\rho_o}{2\pi.l}\left(\ln\frac{2l}{d} + \frac{1}{2}\ln\frac{4h_{tb}+l}{4h_{tb}-l}\right) = \frac{2.2.10^4}{2.3,14.250}\left(\ln\frac{2.250}{6} + \frac{1}{2}\ln\frac{4.175+250}{4.175-250}\right) = 112,83\ \Omega$$

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

$$L = 3.2,5 = 7,5 \text{ m}$$

Tra bảng 49.pl. [1] ứng với tỷ lệ l_a/l = 1 và số lượng cọc là 4, ta xác định được hệ số lợi dụng của các cọc tiếp địa η_{coc}= 0,69, số lợi dụng của thanh nối η_{nga} = 0,45. Chọn thanh nối tiếp địa bằng thép có kích thước bxc = 50x4 cm. Điện trở tiếp xúc của thanh nối

$$R_{nga} = \frac{k_{nga}\rho_0}{2\pi.L}\ln\frac{2L^2}{b.h} = \frac{3.2.10^4}{2.3,14.500}\ln\frac{2.500^2}{5.50} = 113,66\ \Omega\ ;$$

Điện trở thực tế của thanh nối có xét đến hệ số lợi dụng η là

$$R'_{nga} = \frac{R_{nga}}{\eta_{nga}} = \frac{113,66}{0,45} = 252,59\ \Omega$$

Điện trở cần thiết của hệ thống tiếp địa nhân tạo có tính đến thanh nối ngang

$$R'_{nt} = \frac{R'_{nga}.R_d}{R'_{nga} - R_d} = \frac{252,59,66.30}{252,59 - 30} = 34,04\ \Omega$$

Số lượng cọc chính thức là

$$n_{ct} = \frac{R_{coc}}{\eta_{coc}.R'_{nt}} = \frac{113,66}{0,69.34,04} = 4,8 \text{ cọc. Ta chọn số lượng cọc là 5}$$

Kiểm tra độ ổn định nhiệt của hệ thống tiếp địa

$$F_{min} = I_k^{(1)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_t} = 465.\ \frac{\sqrt{0,85}}{74} = 8,6 < S_{th} = 50.4 = 200\ mm^2$$

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 à dây trung tín là 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 $I_{n.cc}$ = 30A. 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_{d1} = 4 Ω và điện trở của hệ thống nối đất lặp lại ở cuối đường dây là R_{d2} = 10 Ω. Tra bảng 17.pl. [1] xác định điện trở của dây dẫn

Dây dẫn	r_0, Ω/km	x_0	Z_0	$Z=Z_0.l$, Ω
AC-25	1,28	0,35	$\sqrt{r_0^2 + x_0^2} = \sqrt{1,28^2 + 0,35^2} = 1,33$	1,326.0,7 = 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

$$I_k = \frac{U_f}{R_{d1} + R_{d2}} = \frac{220}{4 + 10} = 15,71A;$$

Dòng điện này không thể làm cho cầu chảy tác động vì I_k < 30 A

Dòng điện ngắn mạch một pha

$$I_k^{(1)} = \frac{U_f}{Z_f + Z_T} = \frac{220}{0,928 + 0,928} = 148A;$$

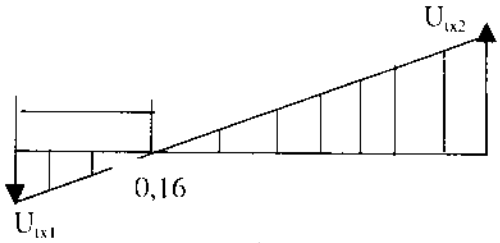
Dòng ngắn mạch một pha này lớn gần 5 lần dòng định mức của cầu chảy vì vậy dây chảy sẽ tác động cắt mạch ra khỏi nguồn bảo vệ an toàn cho người và thiết bị.

Giá trị điện áp lưu trên vỏ thiết bị khi có ngắn mạch chạm masse

$U_k = I_k^{(1)}.Z_T = 148.\ 0{,}928 = 110$ V

Khi có nối đất lặp lại dòng điện chạy trong đất

$$I_d = \frac{U_k}{R_{d1} + R_{d2}} = \frac{110}{4+10} = 7{,}86A\ ;$$



Hình 13.1. Biểu đồ phân bố điện áp trên dây trung tính.

Giá trị điện áp lưu trên vỏ thiết bị lúc này sẽ là

$U_{tx2} = I_d.R_{d2} = 7{,}86.10 = 78{,}6$ V

Giá trị điện áp trên điểm trung tính

$U_{tx1} = I_d.R_{d1} = 7{,}86.4 = 31{,}42$ V

Vị trí điểm X trên dây trung tính nơi điện áp đạt giá trị 0

$$X = \frac{U_1.l}{U_1 + U_2} = \frac{31{,}42.0{,}7}{31{,}42 + 78{,}6} = 0{,}16\text{km}$$

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 $R_{ng} = 1{,}5$ kΩ.

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 $R_{cd} = 20$ kΩ và điện trở cơ hể người là R_{ng} = 1,5 kΩ. 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 kΩ.

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 Ω/km) chiều dài l = 0,68 m. Phụ tải cuối đường dây là S = 7,5 kVA, điện trở cơ thể người R_{ng} = 1,3 kΩ .

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 kΩ và điện trở cơ thể người là 1,5 kΩ.

Bài 6. Hãy tính toán nối đất cho trạm biến áp công suất 250 kVA đặt trên một khu đất có diện tích 7x8 m, điện trở của hệ thống tiếp địa tự nhiên là R_{tn} = 27,6 Ω, điện trở suất của đất là $\rho_0 = 1{,}24.10^4$Ω.cm đo trong điều kiện trung bình ($k_{1.cọc}$=1,5 và $k_{1.ngang}$ = 2); Cường độ dòng điện ngắn mạch một pha chạy qua hệ thống tiếp địa là $I^{(1)}_k$= 450A, 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 $\rho_0 = 0{,}65.10^4$Ω.cm đo trong điều kiện ẩm ướt ($k_{1.cọc}$=2 và $k_{1.ngang}$ = 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 $I_{n.cc}$ = 40A. 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 $\Delta U_{cf} = 2,5\%$. Hệ số công suất cần nâng lên là cosφ = 0,93. Thời gian hoàn vốn T_{tc} = 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. 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},	*l*,	Công suất của các thiết bị , kW														
	a x b	H	Lux	mét	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_{nd}	cosφ
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	Cần cẩu 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 sữa chữa thiết bị điện gồm các thiết bị với các tham số cho trong bảng 1.1.btl.

Alpha 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 ΔU_{cf} = 2,5%. Hệ số công suất cần nâng lên là cosφ = 0,93; Kích thước của nhà xưởng axbxH (rộng, dài, cao) là 12x28x4,7 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. btl. Số liệu về các thiết bị

Số tt	Thiết bị	Công suất đặt P, kW	Hệ số k_{nl}	cosφ
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 cẩu 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];

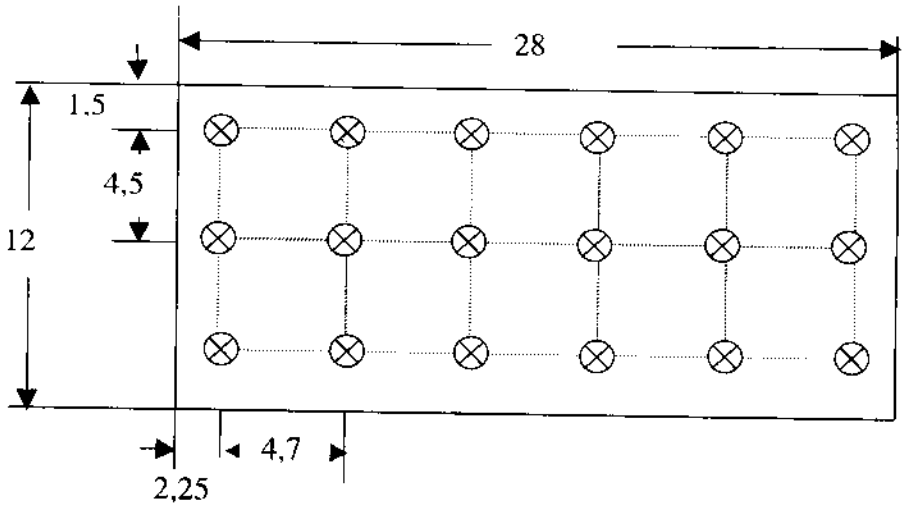
Chọn độ cao treo đèn h' = 0,5 m;

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

$$L = 1,5.h = 1,5.3,9 = 5,85 \text{ m}$$

Căn cứ vào kích thước của nhà xưởng ta chọn khoảng cách giữa các đèn là L_d= 4,7 m và L_n = 4,5 m;

Kiểm tra điều kiện

$$\frac{4,7}{3} < 2,25 < \frac{4,7}{2} \quad \text{và} \quad \frac{4,5}{3} \le 1,5 < \frac{4,5}{2};$$

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

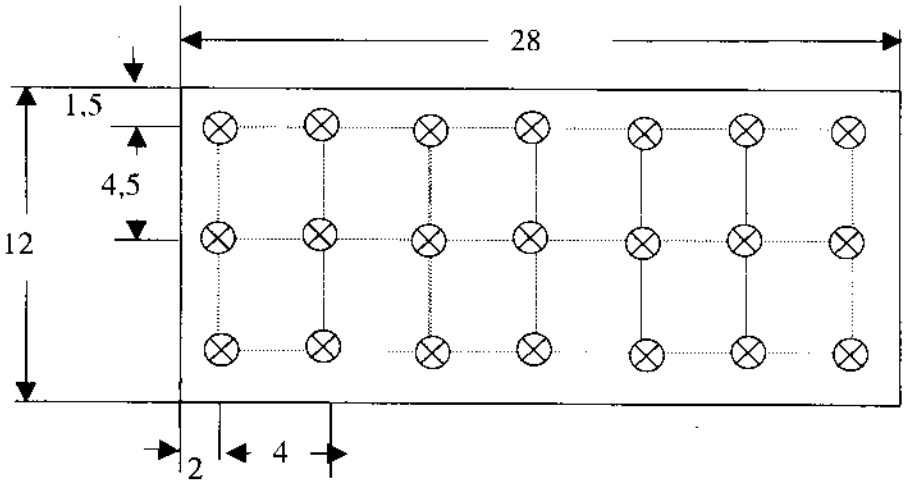
$$k_{kg} = \frac{a.b}{h(a+b)} = \frac{12.28}{3,9(12+28)} = 2,87$$

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 δ_{dt} = 1,2 hệ số hiệu dụng của đèn η =0,58, xác định tổng quang thông cần thiết

$$F = \frac{E_{yc}S.\delta_{dt}}{\eta_d k_{ld}} = \frac{50.12.28.1.2}{0.58.0.56} = 62069 \text{ lm}$$

Số lượng đèn cần thiết để đảm bảo độ rọi yêu cầu

$$N = \frac{F_{\Sigma}}{F_d} = \frac{62069}{3000} = 20,69 > N_{min} = 18 đèn$$



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

$$E = \frac{F_d N \eta k_{ld}}{a.b.\delta_{dt}} = \frac{3000.21.0,58.0,56}{12.28.1,2} = 50,75 lx.$$

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

$$P_{dl} = k_{nc}\Sigma P_i = 0,59.44,1 = 26 \text{ kW}$$

Hệ số công suất của phụ tải động lực

$$\cos\varphi_{tb} = \frac{\sum P_i \cos\varphi_i}{\sum P_i} = 37,63/44,1 = 0,853$$

2.2. Xác định phụ tải chiếu sáng

Tổng công suất chiếu sáng chung (coi hệ số đồng thời là 1)

$$P_{cs.ch} = k_{dt}.N.P_d = 1.21.200 = 4200 \text{ W};$$

Chiếu sáng cục bộ:

$$P_{cb} = (14+4)100 = 1800$$

Vậy tổng công suất chiếu sáng là 4200 + 1800 = 6000 W = 6 kW

Vì dùng đèn sợi đốt nên hệ số cosφ 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:

$$P_{lm} = 8.120 + 4.80 = 1200 \text{ W}$$

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

$$P_{cs\text{-}Lm} = 6 + [(\frac{1,2}{5})^{0,04} - 0,41]1,2 = 6,64 \text{ kW}$$

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

$$\cos\varphi_{\Sigma} = \frac{\sum P_i \cos\varphi_i}{\sum P_i} = \frac{26.0,85 + 6.1 + 1,2.0,8}{26 + 3,6 + 1,2} = 0,866$$

$$S_{\Sigma} = P_{\Sigma}/\cos\varphi_{\Sigma} = 30/0,866 = 34,64\text{kVA}$$

$$Q_{\Sigma} = S_{\Sigma}\sin\varphi_{\Sigma} = 33,64.0,5 = 17,32 \text{ kVAr.}$$

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

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{34,64}{\sqrt{3}.0,38} = 52,63 \text{ A}$$

Mật độ dòng điện kinh tế ứng với $T_M = 3500$ của cáp đồng là 3,1 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 $x_0 = 0.07$ Ω/km;

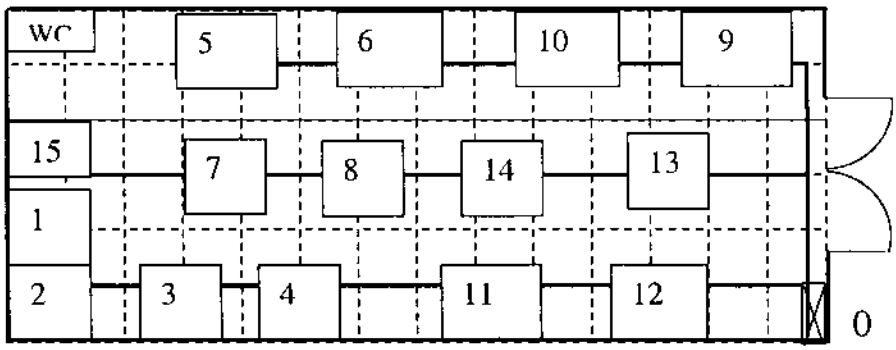
Xác định hao tổn điện áp thực tế

$$\Delta U = \frac{P.r_0 + Q.x_0}{U_n} L = \frac{30.1,25 + 17,32.0,07}{0,38}.0,045 = 4,58 \text{ V}$$

Tổn thất điện năng

$$\Delta A = \frac{P^2 + Q^2}{U_n^2} r_0 L.\tau = \frac{30^2 + 17,32^2}{0,38^2}.1,25.0,045.1968.10^{-3} = = 920 \text{ kWh/năm}$$

$\tau = (0,124+T_M 10^{-4})^2.8760 = (0,124 + 3500.10^{-4})^2.8760 = 1968$ h



Hình 1.3.btl: Sơ đồ bố trí thiết bị phương án 1.

Chi phí tổn thất điện năng

$$C = \Delta A.\ c_\Delta = 920.\ 750 = 0,69.10^6 \text{ đ/năm}$$

Vốn đầu tư của đoạn dây

$$V = v_0.L = 53,52.10^6.\ 0,045 = 3,76.\ 10^6 \text{đ}$$

Hệ số tiêu chuẩn sử dụng vốn và khấu hao

$$p = 1/T_{tc} + k_{kh} = 1/8 + 0,06 = 0,185$$

Chi phí quy đổi

$$Z = pV + C = (0,185.3,76 + 0,69).10^6 = 1,39.\ 10^6 \text{ đ.}$$

Xác định tiết diện dây dẫn từ tủ phân phối đến các thiết bị

Dòng điện chạy trên đoạn 01

$$I_{01} = \frac{S_{01}}{\sqrt{3}U} = \frac{3}{\sqrt{3}.0,38} = 4,56 \text{ A}$$

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 $x_0 = 0,09$ Ω/km

Hao tổn điện áp thực tế

$$U_{01} = \frac{P_{01}.r_0 + Q_{01}.x_0}{U_n} L_{01} = \frac{3.8}{0,38}.0,032 = 2,02 \text{ V}$$

Bảng 1.5.bti. Kết quả tính toán phương án 1

Đoạn dây	Công suất			Dòng	Tiết diện			Điện trở		Hao tổn		Chi phí, 10^6 đ			
	P, kW	Q, kVAr	S, kVA	I, A	F, mm²	Fc mm²	L, m	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**

$$\Delta A = \frac{3^2}{0,38^2}.8.0,032.1968.10^{-3} = 31,4 \text{ kWh/năm}$$

$$C = \Delta A.\ c_\Delta = 31,4.\ 750 = 0,02.10^6 \text{ đ/năm}$$

Vốn đầu tư của đoạn dây

$V = v_0.L = 30,88.10^6.\ 0,032 = 0,99.\ 10^6$đ

$Z = pV + C = (0,185.0,99 + 0,02).10^6 = 0,21.\ 10^6$ đ.

Tính toán tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng 1.5.btl

Hao tổn điện áp cực đại

$$\Delta U_M = \Delta U_{Đ-0} + \max\{\Delta U_i\} = 4,58 + 2,53 = 7,11\ V$$

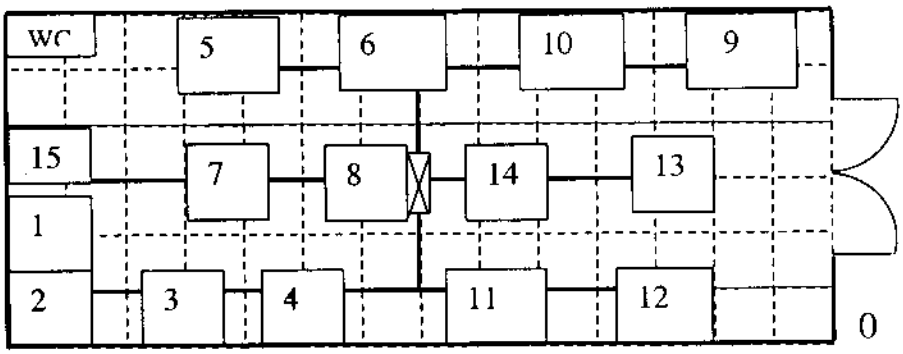
Hao tổn điện áp cho phép

$$\Delta U_{cP} = \frac{\Delta U_{cp}\%.U_n}{100} = \frac{2,5.380}{100} = 9,5\ V$$

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 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	Tiết diện			Điện trở		Hao tổn		Chi phí, 10^6 đ			
	P, kW	Q, kVAr	S, kVA	I, A	F, mm^2	Fc, mm^2	L, m	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

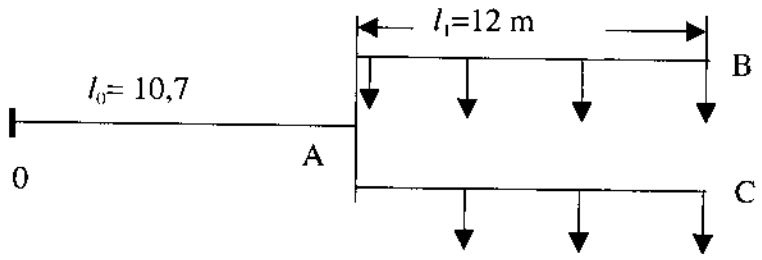
$$\Delta U_M = \Delta U_{D-0} + \max\{\Delta U_i\} = 6,14 + 1,68 = 7,83\ V < \Delta U_{cp}$$

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 12x0,2 = 2,4 kW; mạch thứ 2 gồm 9 bóng công suất 9x0,2 = 1,8 kW.

Momen tải

$M_0 = P_0 l_0 = 4,2.10,7 = 44,94$ kWm.

$M_1 = P_1 l = 2,4.12 = 28,8$.

$M_2 = P_2 l_2 = 1,8.12 = 21,6$.

Mômen quy đổi $M_{qd} = M_0 + \alpha(M_1 + M_2) = 44,94 + 1,33(28,8+21,6) = 110,46$ kWm

Hệ số α xác định theo bảng 4.5.2 [1] ứng với mạch 2 pha có trung tính α = 1,33.

Tiết diện dây dẫn của đoạn 0A

$$F_{0A} = \frac{M_{qd}}{C.\Delta U_{cp.cs}} = \frac{110,46}{83.0,9} = 1,48 \text{ mm}^2 \text{ ta chọn dây có } F = 2,5 \text{ mm}^2$$

Giá trị $\Delta U_{cP.cs} = \Delta U_{cP} - \Delta U_{Đ-0} = 2,5 - 1,6 = 0,9\%$

$$\Delta U_{Đ-0} = \frac{6,14.100}{380} = 1,6\%$$

Hệ số C = 83 (bảng 4.pl.BT), ứng với dây đồng mạng điện 3 pha

Hao tổn điện áp thực tế trên đoạn 0A

$$\Delta U_{0A} = \frac{M_{qd}}{C.\Delta U_{cp.cs}} = \frac{110,46}{83.2,5} = 0,53\%$$

Tiết diện dây dẫn các nhánh rẽ

$$F_{AB} = \frac{M_{AB}}{C_{AB}.\Delta U_{cp.AB}} = \frac{28,8}{37.0,37} = 2,1 \text{ mm}^2 \text{ ta chọn dây dẫn có } F = 2,5 \text{ mm}^2$$

Hao tổn điện áp cho phép trên các nhánh rẽ

$$\Delta U_{cP.AB} = \Delta U_{Đ-0} - \Delta U_{0A} = 0,9 - 0,53 = 0,37\%$$

Hệ số $C_{AB} = 37$ (bảng 4.pl.BT).

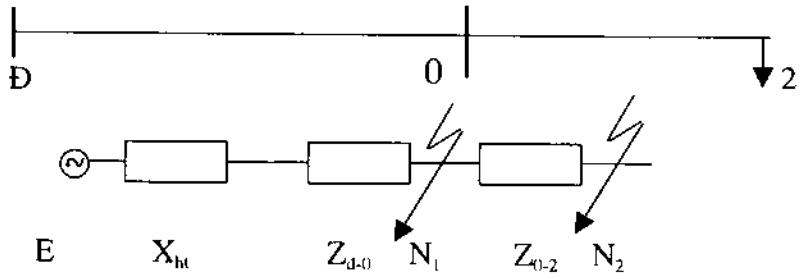
Tính tương tự cho nhánh AC: $F_{AC} = 1,58$, ta chọn dây dẫn có F = 2,5 mm².

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 tưng 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

$$X_{ht} = \frac{U_{cb}^2}{S_k} = \frac{0,38^2}{2,65} = 54,5.10^{-3}\,\Omega = 54\ m\Omega$$

$$X_{D-0} = x_0.L_{d-0} = 0,07.60,23 = 4,22\ m\Omega$$

$$R_{D-0} = r_0.L_{d-0} = 1,25.60,23 = 75,29 m\Omega$$

$$X_{0-2} = x_0.L_{0-2} = 0,09.20 = 1,8\ m\Omega$$

$$R_{0-2} = r_0.L_{0-2} = 8.20 = 160\ m\Omega$$

$$Z_{k1} = \sqrt{R_{D-0}^2 + (X_{ht} + X_{D-0})^2} = \sqrt{75,29^2 + (54 + 4,22)^2} = 95,17\ m\Omega$$

$$Z_{k2} = \sqrt{(R_{D-0} + R_{0-2})^2 + (X_{ht} + X_{D-0} + X_{0-2})^2} =$$

$$= \sqrt{(75,29 + 160)^2 + (54 + 4,22 + 1,8)^2} = 242,82\ m\Omega$$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại N_1

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{E}{Z_{k1}} = \frac{U}{\sqrt{3}.Z_{k1}} = \frac{380}{\sqrt{3}.95,17} = 2,3\ kA$$

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]

Dòmh ngắn mạch xung kích: $i_{xk1} = \sqrt{2}.k_{xk}.I_{k1}^{(3)} = 1,414.1,03.2,3 = 3,35\ kA$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại N_2

$$I_{k2}^{(3)} = \frac{E}{Z_{k2}} = \frac{U}{\sqrt{3}.Z_{k2}} = \frac{380}{\sqrt{3}.242,82} = 0,903\ kA$$

Tương tự dòng xung kích: $i_{xk2} = \sqrt{2}.k_{xk}.I_{k2}^{(3)} = 1,414.1,03.0,903 = 1,315\ kA$

4.2. Chọn aptomat cho mạch chiếu sáng

Dòng làm việc của mạch chiếu sáng

$$I_{cs} = \frac{4,2}{\sqrt{3}.0,38} = 6,38 \text{ A}$$

ta chọn aptomat loại АП50-3T có dòng định mức I_n = 10 A;

4.3. Chọn aptomat bảo vệ động cơ

Tính toán tiêu biểu cho 1 động cơ là máy tiện:

$$I_{kd} = \frac{I_n}{\alpha} = \frac{3,5.9}{2,5} = 12,6 \text{ A},$$

ta chọn aptomat loại АП50-3T có dòng định mức I_n = 15 A;

Tính toán tương tự cho các thiết bị khác, kết quả ghi trong bảng 1.7.btl.

4.4. Chọn aptomát tổng

Dòng khởi động được xác định theo biểu thức

$$I_{kd} = \frac{I_{mm.Max}}{\alpha} + \sum_{1}^{n-1} I_{ni} = \frac{3,5.11,4}{2,5} +$$

$$+ (4,56+6,08+5,32+4,56+2,28+1,9+1,27+1,66+8,94+6,08+5,56+9+5,91+6,38) =$$

$$= 15,96 + 74,66 = 90,62 \text{ A}$$

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}, A	Aptomat	I_{nAp} A	TT	I_{LV}	Aptomat	I_{nAp}
	90,62	EA103G	100	8	2,32	АП50-3MT	10
1	4,56	АП50-3MT	10	9	8,94	АП50-3MT	10
2	6,08	АП50-3MT	10	10	8,51	АП50-3MT	10
3	5,32	АП50-3MT	10	11	7,78	АП50-3MT	10
4	4,56	АП50-3MT	10	12	12,6	АП50-3MT	15
5	3,2	АП50-3MT	10	13	8,27	АП50-3MT	10
6	2,66	АП50-3MT	10	14	16	АП50-3MT	20
7	1,77	АП50-3MT	10	15	7,26	АП50-3MT	10
				cs	6,38	АП50-3MT	10

* Kiểm tra ổn định nhiệt của cáp đã chọn

$$F_{min} = \frac{I_{kl}^{(3)}.\sqrt{t_k}}{C_t} = \frac{2,3.\sqrt{2,5}}{159}.10^3 = 22,87\ mm^2 > F_c = 16\ mm^2$$

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

$$F_{tc} = \frac{I}{j_{kt}} = \frac{52,63}{3,1} = 17\ mm^2$$

Ta chọn thanh cái 50x5 = 25 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 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 $\cos\varphi_2 = 0,93 \rightarrow tg\varphi_2 = 0,395$

$$Q_b = P(tg\varphi_1 - tg\varphi_2) = 30(0,577 - 0,395) = 5,46\ kVAr$$

Chọn tụ bù loại KM1-0,38 có công suất Q = 6 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

Bảng1.8.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	Aptômat tổng	EA103G	Cái	1	3500	3,50

Bảng 1.8.btl (tiếp theo)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
6	Aptômat nhánh	АП50-3МТ	Cái	16	500	8,0
7	Biến dòng	TKM-0,5	Bộ	1	1000	0,30
8	Ampekế	0-200 A	Cái	3	250	0,45
9	Vônkế	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 $\sum V = 27,5$ triệu đồng

* Tổng giá thành có tính đến công lắp đặt

$$V_{\Sigma} = k_{id}\sum V = 1,1.27,92 = 30,712 \text{ triệu đồng}$$

* Giá thành một đơn vị công suất đặt

$$g_d = \frac{\sum V}{S_d} = \frac{30,712}{34,64}.10^6 = 0,887.10^6 \text{ đ/kVA}$$

* Tổng chi phí quy đổi

$$Z_{\Sigma} = p\,V_{\Sigma} + C = (0,185.\ 30,712 + 1,15).10^6 = 6,812.10^6 \text{ đ./năm.}$$

* Tổng điện năng tiêu thụ

$$\sum A = P_{\Sigma}.T_M = 30.3500 = 105000 \text{ kWh}$$

* Tổng chi phí trên một đơn vị điện năng

$$g = \frac{Z_{\Sigma}}{\sum A} = \frac{6,812}{105000}.10^6 = 65,06 \text{ đ/kWh.}$$

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_Δ =1000đ/kWh; suất thiệt hại do mất điện g_{th} = 4500đ/kWh; hao tổn điện áp cho phép trong mạng hạ áp ΔU_{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, Ă, Ơ, 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 cosφ (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 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 đế 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.btl. 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								
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
A	200	24	6	18x20	327	210	165	10	0,37	0,8
Ă	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)

1	*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.btl. Số liệu thiết kế cung cấp điện cho các phân xưởng

TT	PX	Toạ độ			Máy số									
		X	Y	T.số	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		
				cosφ	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	
				cosφ	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		
				cosφ	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
				cosφ	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					
				cosφ	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			
				cosφ	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			
				cosφ	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					
				cosφ	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
				cosφ	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				
				cosφ	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				
				cosφ	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

$$k_{sd\Sigma} = \frac{\sum P_i k_{sdi}}{\sum P_i} =$$

$$= \frac{5,6.0,65 + 4,5.0,62 + 10.0,46 + 7,5.0,56 + 10.0,68 + 2,8.0,87 + 5.0,83 + 7,5.0,38}{5,6 + 4,5 + 10 + 7,5 + 10 + 2,8 + 5 + 7,5} = 0,60$$

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

$$P_N = k_{nc}\sum P_i = 0,74.\ 52,9 = 39,05 \text{ kW}$$

Xác định hệ số công suất trung bình của phân xưởng

$$\cos\varphi\Sigma = \frac{\sum P_i \cos\varphi_i}{\sum P_i} =$$

$$= \frac{5,6.0,78 + 4,5.0,81 + 10.0,68 + 7,5.0,64 + 10.0,79 + 2,8.0,84 + 5.0,77 + 7,5.0,69}{5,6 + 4,5 + 10 + 7,5 + 10 + 2.8 + 5 + 7,5} =$$

$$= 0,735$$

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

$$P_{cs} = P_0.a.b = 12.14.22.10^{-3} = 3,7 \text{ kW}$$

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

$$P_{\Sigma N} = P_N + k_i P_{cs} = 39,05 + [(\frac{3,7}{5})^{0,04} - 0,41].3,7 = 41,19 \text{ kW}$$

Hệ số công suất tổng hợp của toàn phân xưởng

$$\cos\varphi_N = \frac{39,05.0,735 + 3,7.1}{39,05 + 3,7} = 0,76 \Rightarrow tg\varphi_N = 0,86$$

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

$$Q_N = P_N tg\varphi = 41,19.\ 0,86 = 34,95 \text{ kVAr}$$

Vậy $S = 41,19 + j\,34,95$ kVA

Bán kính tỷ lệ của biểu đồ phụ tải

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi.m}}, \quad \text{chọn } m = 5 \text{ ta có} \quad r = \sqrt{\frac{54,2}{3,14.5}} = 1,85$$

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

$$S_{XN} = k_{ncXN}.\Sigma S_i = 0,704.\ 491,89 = 346,29 \text{ kVA}$$

$$P_{XN} = S_{XN}.\ \cos\varphi_{XN} = 346,29.\ 0,78 = 270,1 \text{ kW}$$

$$Q_{XN} = S_{XN}\sin\varphi_{XN} = 346,29.0,63 = 218,16 \text{ kVAr}$$

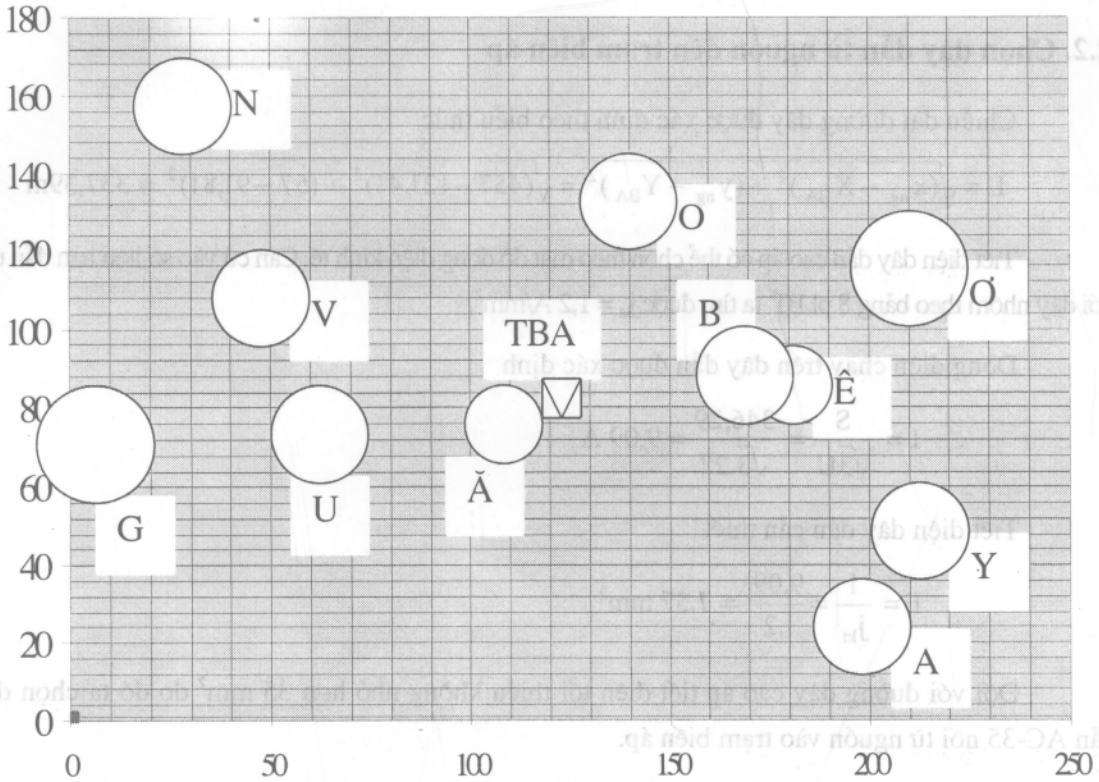
Tức là $S_{XN} = 270,1 + j\,218,16$ kVA.

Bảng 2.3.btl. Kết quả tính toán phụ tải của các phân xưởng

n	$k_{sd\Sigma}$	M	k_{nc}	ΣP_i	P_{dl}, kW	cosφ	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
Ă	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

$$X = \frac{\sum S_i x_i}{\sum S_i} \text{ và } Y = \frac{\sum S_i y_i}{\sum S_i}$$

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 $Y_{BA} = 91,81$ m.

Vậy toạ độ của trạm biến áp là 0 (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 $j_{kt} = 1,2$ 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

$$F = \frac{I}{j_{kt}} = \frac{9,09}{1,2} = 7,57 \text{ mm}^2$$

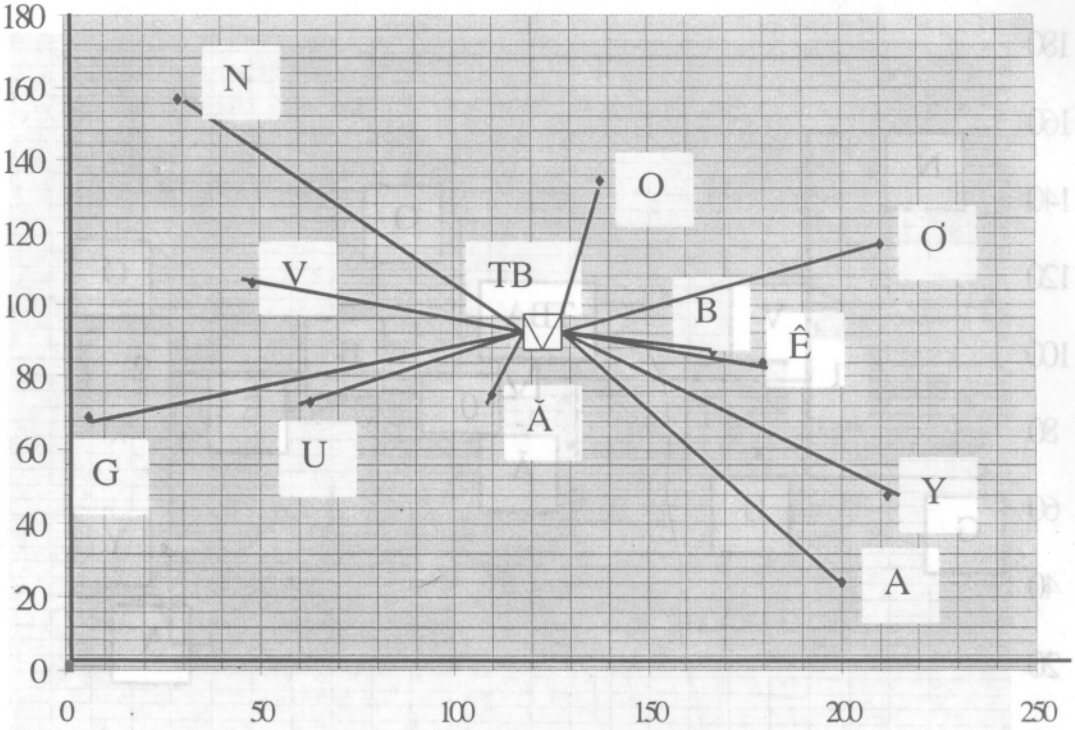
Đối với đường dây cao áp tiết diện tối thiểu không nhỏ hơn 35 mm^2 do đó ta chọn dây dẫn AC-35 nối từ nguồn vào trạm biến áp.

2.3. Sơ đồ nối dây từ trạm biến áp đến các phân xưởng

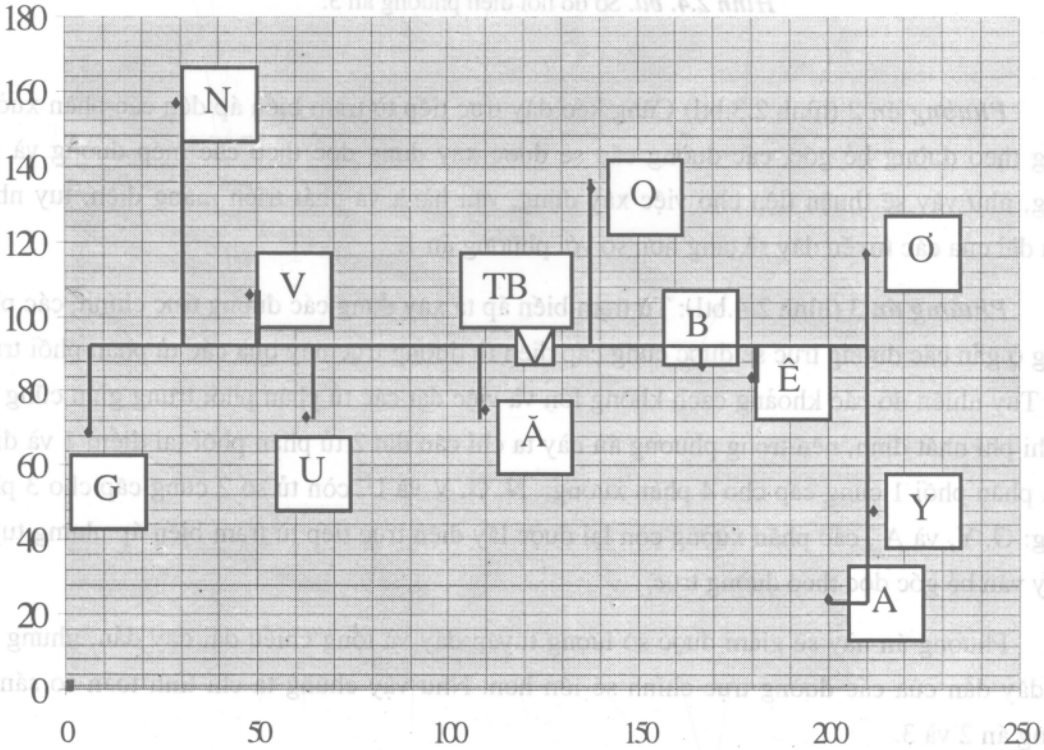
2..3.1. Sơ bộ vạch các tuyến dây

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:

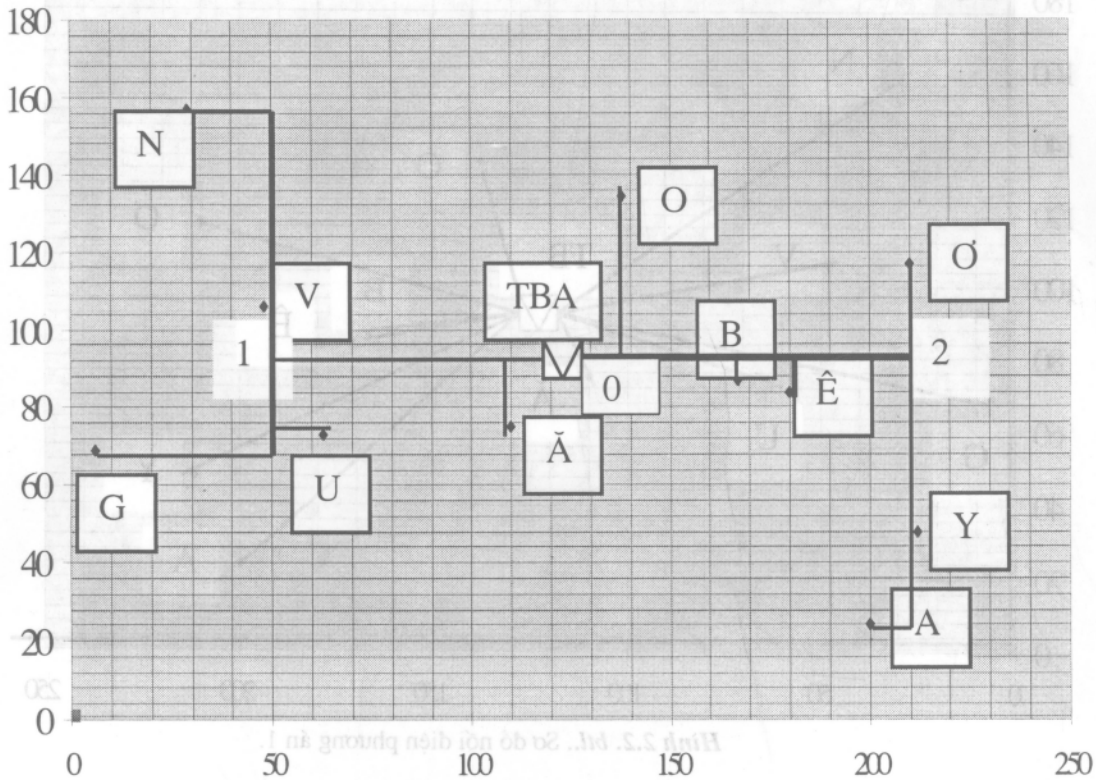
Phương án 1 (hình 2.2.btl): Từ trạm biến áp kéo dây trực tiếp đến các phân xưởng theo đường thẳng, các tủ phân phối sẽ được đặt ngay tại đầu các nhà xưởng để cung cấp điện cho các thiết bị trong xưởng. Phương án này có tổng chiều dài hình học nhỏ nhất, nhưng không thuận tiện cho việc thi công, vận hành 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: Ơ, 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 ΔU_{cp} = 5% (đối với cấp điện áp 380V, ΔU_{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 Ω/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 bẻ góc được xác định theo biểu thức

$$L_{0\text{-}N}=\sqrt{(X_{BA}-x_i)^2}+\sqrt{(Y_{BA}-y_i)^2}=\sqrt{(121{,}41-29)^2}+\sqrt{(91{,}81-157)^2}=157{,}6\text{ m}$$

Bảng 2.4.btl. Kết quả tính tiết diện dây dẫn theo phương án 2 (đường đi bẻ góc)

n	Q, kVAr	P_{Σ}, kW	l_{0i}, m	ΔU_X, V	ΔU_R, V	F, mm²	F_{ch}, mm²	r_0, Ω/km	x_0, Ω/km	ΔU, V
0N	34,95	41,19	157,60	1,01	17,99	29,68	35	0,95	0,06	17,10
0G	31,80	41,65	138,22	0,81	18,19	26,03	35	0,95	0,06	15,09
0U	30,53	39,75	77,22	0,43	18,57	13,60	16	2,08	0,07	17,24
0Y	31,91	40,64	134,40	0,79	18,21	24,67	25	1,33	0,07	19,91
0Ê	18,78	24,66	66,40	0,23	18,77	7,17	10	3,33	0,07	14,58
0O	32,22	38,37	58,78	0,35	18,65	9,94	10	3,33	0,07	20,11
0V	27,06	32,48	87,60	0,44	18,56	12,60	16	2,08	0,07	16,01
0Â	14,60	21,92	28,22	0,08	18,92	2,69	6	5,55	0,09	9,13
0Ơ	44,68	49,93	113,78	0,94	18,06	25,86	35	0,95	0,06	15,01
0B	20,80	26,62	50,40	0,19	18,81	5,87	6	5,55	0,09	19,84
0A	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

$$\Delta U_X=\frac{Q.x_0.l_{0N}}{U}=\frac{34{,}95.0{,}07.157{,}6.10^{-3}}{0{,}38}=1{,}01\text{ V}$$

Thành phần tác dụng của hao tổn điện áp

$$\Delta U_{RN}=\Delta U_{cp}-\Delta U_{XN}=19-1{,}01=17{,}99\text{ V}$$

Tiết diện dây dẫn xác định theo biểu thức

$$F = \frac{P.l}{\gamma.U.\Delta U_R} = \frac{41,19.157,6}{32.0,38.17,99} = 29,68\ mm^2;$$

Ta chọn cáp loại ABBG có tiết diện chuẩn là $F_{ch} = 35\ mm^2$ có $r_0 = 0,95$ và $x_0 = 0,06\Omega/km$; Hao tổn điện áp thực tế

$$\Delta U = \frac{P.r_0 + Q.x_0}{U}.l = \frac{41,19.0,95 + 34,95.0,06}{0,38}.157,6.10^{-3} = 17,1 < 19V$$

Ttính 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:

$$P_{01} = 41,19 + 41,65 + 39,73 + 32,48 = 155,07\ kW;$$

$$Q_{01} = 34,95 + 27,06 + 30,53 + 31,80 = 124,34\ kVAr.$$

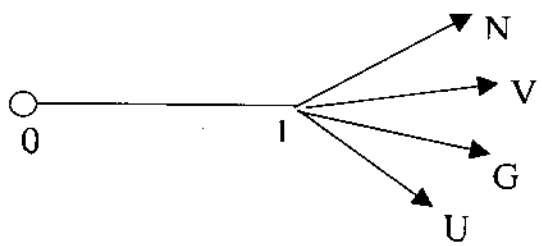
Xác định tiết diện dây dẫn của đường trục (01): Hao tổn điện áp cho phép từ trạm biến áp đến các điểm tải xa nhất vẫn là 19 V; Thành phần phản kháng của hao tổn điện áp từ trạm biến áp đến phân xưởng N

$$\Delta U_x = \frac{Q_{01}l_{01} + Q_{1N}l_{1N}}{U}x_0 = \frac{124,34.73,41 + 34,95.84,19}{0,38}0,07.10^{-3} = 2,22V;$$

$$\Delta U_R = 19 - 2,22 = 16,78\ V;$$

Thành phần tác dụng của hao tổn điện áp cho phép trên đoạn 01 xác định theo biểu thức

$$\Delta U_{ñ01} = \frac{\Delta U_R}{1 + \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^{n} M_i L_i}{M_0 L_0}}} =$$



$$= \frac{16,78}{1 + \sqrt{\frac{(41,19.84,19^2 + 32,48.14,19^2 + 39,75.33,81^2 + 41,65.64,81^2}{155,07.73,41^2}}} = 9,38.V$$

Tiết diện dây dẫn đoạn 01 được xác định theo biểu thức

$$F_{01}=\frac{P_{01}.l_{01}}{\gamma.U.\Delta U_{R01}}=\frac{155,07.73,41}{32.0,38.9,38}=99,8\ mm^2$$, ta chọn dây cáp F_c = 120 mm^2 có r_0 =0,28 và x_0 = 0,06 Ω/km;

Hao tổn điện áp tác dụng thực tế trên đoạn 01

$$\Delta U_{R01}=\frac{P_{01}.r_0}{U}l_{01}=\frac{155,07.0,28}{0,38}.73,41.10^{-3}=8,39\ V$$

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:

$$\Delta U_{Rpx}=\Delta U_R-\Delta U_{R01}=16,78-8,39=8,39\ V$$

Tiết diện dây dẫn đoạn 1N

$$F_{1N}=\frac{P_{1N}.l_{1N}}{\gamma.U.\Delta U_{Rpx}}=\frac{41,19.84,19}{32.0,38.8,39}=33,99\ mm^2.$$; ta chọn F_c = 35 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 trục)

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
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
0Ă	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
2Ơ	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

$$Z = pV + C = pV + \Delta A.c_{\Delta}$$

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

$$\Delta A = \Delta P.\tau = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} r_0 .l.\tau$$

Thời gian hao tổn cực đại τ có thể xác định theo biểu thức

$$\tau = (0,124+T_M.10^4)^2.8760 = (0,124 +5100.10^4)^2 .8760 = 3521 \text{ h}$$

PA 2: Tính cho đoạn 0N

$$\Delta A_{0N} = \frac{41,19^2 + 34,95^2}{0,38^2} 0,95.157,6.10^{-6}.3521 = 10653,24 \text{ kWh}$$

$$C_{0N} = \Delta A_{0N}.c_{\Delta} = 10653,24.\ 1000 = 10,65.10^6 \text{ đ}.$$

Vốn đầu tư của đường cáp, suất vốn đầu tư v_0 tra theo bảng 7.pl.phụ lục [1].

$$V_{0N} = v_0.l = 81,34.157,6.10^3 = 12,82.10^6 \text{ đ},$$

Chi phí quy đổi

$$Z_{0N} = (0,185.12,82 + 10,65).10^6 = 13,02.10^6 \text{ đ/năm}$$

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, kVAr	P_{Σ}, kW	l_{0i}, m	F_{ch}	v_0, 10^6đ	ΔQ, kVAr	ΔP, kW	ΔA, kWh	V, 10^6đ	pV, 10^6đ	C, 10^6đ	Z, 10^6đ
0N	34,95	41,19	157,60	35	81,34	0,191	3,03	10653,24	12,82	2,37	10,65	13,02
0G	31,80	41,65	138,22	35	81,34	0,063	2,50	8792,01	11,24	2,08	8,79	10,87
0U	30,53	39,75	77,22	16	62,34	0,031	2,79	9838,67	4,81	0,89	9,84	10,73
0Y	31,91	40,64	134,40	25	70,24	0,058	3,31	11636,91	9,44	1,75	11,64	13,38
0Ê	18,78	24,66	66,40	10	53,44	0,011	1,47	5180,19	3,55	0,66	5,18	5,84
0O	32,22	38,37	58,78	10	53,44	0,022	3,40	11981,55	3,14	0,58	11,98	12,56
0V	27,06	32,48	87,60	16	62,34	0,024	2,26	7940,32	5,46	1,01	7,94	8,95
0Ă	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)

0Ơ	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_0, 10^6đ	ΔQ, kVAr	ΔP, kW	ΔA, kWh	V, 10^6đ	pV, 10^6đ	C, 10^6đ	Z, 10^6đ
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
0Ă	14,60	21,92	27,82	6	40,46	0,01	0,74	2611,48	1,13	0,21	2,61	2,82
0O	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
2Ơ	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 10^6VNĐ	Chi phí hàng năm 10^6VNĐ/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 điện 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 $S_{\Sigma} = 368,68$ kVA, công suất trung bình

$$S_{tb} = \frac{S_{\Sigma} T_M}{8760} = \frac{368,68.5100}{8760} = 241,64 \text{ kVA}$$

Hệ số điền kín đồ thị phụ tải:

$$k_{dk} = \frac{S_{tb}}{S_M} = \frac{241,64}{368,68} = 0,58 < 0,75$$

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 $S_{sc} = 0,75.368,68 = 276,51$ 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 xẩy 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:

$S_{sc} = 0,6.\ 368,68 = 221,2$. Hệ số quá tải của máy biến áp lúc này là

$k_{qt} = \frac{221,2}{180} = 1,23 < 1,4$, 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_0	ΔP_k	U_k	V_{BA}, 10^6VNĐ
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: $C = \Delta A.c_\Delta$

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:

$$\Delta A_{BA1}=(\Delta P_{01}.8760+\Delta P_{k1}.\frac{S^2}{S^2_{nBA1}}.\tau)=(0,72.8760+4,85.\frac{368,68^2}{315^2}.3521)=29700,83kWh$$

Chi phí tổn thất

$$C_1 = \Delta A.c_\Delta = 29700,83.1000 = 29,7.10^6 đ$$

Công suất thiếu hụt khi mất điện bằng công suất loại I và loại II là

$$P_{th} = m_{I+II}.P_{XN} = 0,75.\ 270,1 = 202,58\ kW$$

Điện năng thiếu hụt:

$$A_{th} = P_{th}.t_f = 202,58.24 = 4861,8\ kWh$$

Thiệt hại do mất điện

$$Y_1 = A_{th}.g_{th} = 4861,8.\ 2,500.\ 10^3 = 21,87.\ 10^6 đ,$$

Tổng chi phí quy đổi của các phương án:

$$Z_1 = (0,185.94,6 + 29,70 + 21,87).10^6 = 69,07\ .10^6\ đ.$$

Tính toán tưởng tự cho ***phương án II***, kết quả ghi trong bảng 2.10.btl.

Phương án III:

Tổn thất trong các máy biến áp:

$$\Delta A_{BA3}=(2.\Delta P_{02}.8760+\frac{\Delta P_{k2}}{2}\frac{S^2}{S^2_{nBA2}}.\tau)=$$

$$=(2.0,53.8760+\frac{3,15}{2}.\frac{368,68^2}{180^2}.3521)=32591kWh$$

Chi phí tổn thất

$$C_2=32591.10^3=32,591.10^6 đ.$$

Công suất thiếu hụt khi mất điện bằng 15 % công suất loại II là

$$P_{th}=0,15.270,1=40,52\ kW$$

$$Y_3=A_{th}.g_{th}=P_{th}.t_f.g_{th}=40,52.24.4,500.10^3=4,37.10^6 đ,$$

$$Z_{III}=(0,185.152,7+32,591+4,37).10^6=65,21.10^6 đ.$$

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 , 10^6VNĐ	Chi phí hàng năm, 10^6 VNĐ/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 0O với ΔU_{max}= 20,11 V (bảng 2.4.btl).

3.1.2. Trong máy biến áp

$$\Delta U_{BA} = \frac{P.R_{BA} + Q.X_{BA}}{U} = \frac{296,7.7,775 + 218,84.15,995}{0,4}.10^{-3} = 14,496\ V$$

$$R_{BA1} = \frac{\Delta P_k.U^2}{S_{BA}^2} = \frac{3,15.0,4^2}{180^2.10^{-3}} = 15,55.10^{-3}\ \Omega$$

$$Z_{BA1} = \frac{U_k.U^2}{100.S_{BA}} = \frac{4.0,4^2}{100.180}.10^3 = 35,55.10^{-3}\ \Omega$$

$$X_{BA1} = \sqrt{35,55^2 - 15,55^2}.10^{-3} = 31,97.10^{-3}\ \Omega$$

Khi hai máy biến áp làm việc song song thì:

$$R_{BA} = \frac{R_{BA1}}{2} = \frac{15,55}{2} = 7,775;\ X_{BA} = 15,995\ m\Omega$$

3.2. Hao tổn công suất

3.2.1. Trên đường dây

- Hao tổn công suất tác dụng trên đoạn dây 0N được xác định theo biểu thức

$$\Delta P_{0N} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} r_0.l = \frac{41,19^2 + 34,95^2}{0,38^2} 0,95.157,6.10^{-6} = 3,03\ kW$$

- Hao tổn công suất phản kháng trên đoạn dây 0N được xác định

$$\Delta Q_{0N} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} x_0.l = \frac{41,19^2 + 34,95^2}{0,38^2} 0,06.157,6.10^{-6} = 0,191\ kVAr$$

Tính toán tương tự cho các đoạn dây khác, kết quả ghi trong bảng 2.6.bl.

Tổng hao tổn công suất trong toàn mạng là $\sum\Delta P = 26,56\ kW$ và $\sum\Delta Q = 0,387\ kVAr$

3.2.2. Trong máy biến áp

$$\Delta P_{BA} = (2.\Delta P_0 + \frac{1}{2}\Delta P_k.(\frac{S_\Sigma}{S_{nBA}})^2) = (2.0,53 + \frac{1}{2}3,15.(\frac{368,68}{180})^2) = 7,67\ kW$$

3.3. Tổn thất điện năng

Tổng tổn thất điện năng trong toàn mạng điện

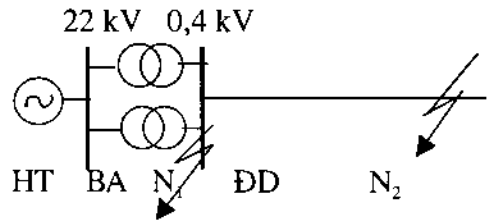
$$\sum\Delta A = \Delta A_{dd\Sigma} + \Delta A_{BA} = 93512,07 + 32591 = 126103,1\ kWh$$

Giá trị $\Delta A_{dd\Sigma}$ 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

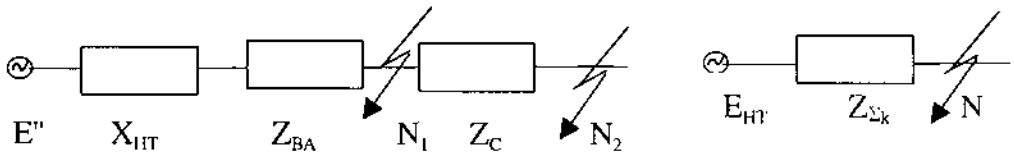
4.1. Tính toán ngắn mạch

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:

$$X_{HT} = \frac{U_{cb}^2}{S_k} = \frac{0,4^2}{180} = 0,89.\ 10^{-3}\ \Omega$$

các điện trở R_{BA} và X_{BA} đã xác định ở mục 3.1.

$$R_{BA} = 7,775.10^{-3}\ \Omega \qquad X_{BA} = 15,995.10^{-3}\ \Omega$$

$$R_C = r_0 l = 0,95.0,158 = 150,1.10^{-3}\ \Omega$$

$$X_C = x_0 l = 0,06.\ 0,158 = 9,4.10^{-3}\ \Omega$$

**** Tính toán ngắn mạch tại điểm N_1***

Xác định điện trở ngắn mạch đến điểm N_1:

$$Z_{k1} = X_{HT}+Z_{BA}= \sqrt{(7,775)^2 + (0,89 + 15,995)^2}\ .10^{-3} = 18,59.10^{-3}\Omega$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{k1}} = \frac{400}{\sqrt{3}.18,59} = 12,31 \text{ kA}$$

Dòng điện xung kích:

$$i_{xk1} = k_{xk}.\sqrt{2}\ .\ I_{k1}^{(3)} = 1,2.\ \sqrt{2}\ .12,31 = 16,856 \text{ kA}$$

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích:

$$I_{xk1} = q_{xk}.\ I_{k1}^{(3)} = 1,09.12,31 = 13,42 \text{ kA}$$

$k_{xk} = 1,2$ 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

$$Z_{k2} = \sqrt{(7,775 + 150,1)^2 + (0,89 + 15,995 + 9,4)^2}\ .10^{-3} = 160,05.10^{-3}\ \Omega$$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm N_2.

$$I_{k2}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{k2}} = \frac{400}{\sqrt{3}.160,05} = 1,44 \text{ kA}$$

Dòng xung kích: $i_{xk2} = k_{xk}.\sqrt{2}\ .\ I_{k2}^{(3)} = 1,2.\ \sqrt{2}.1,44 = 2,44$ kA

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích: $I_{xk2} = q_{xk}.\ I_{k2}^{(3)} = 1,09.1,44 = 1,57$ kA

**** Tính toán dòng ngắn mạch một pha***

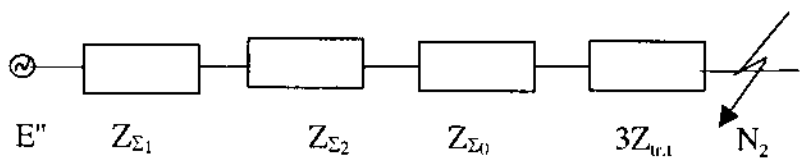
Thành phần điện trở thứ tự nghịch lấy bằng điện trở thứ tự thuận, thành phần tác dụng của điện trở thứ tự không bằng điện trở tác dụng thứ tự thuận. Điện trở phản kháng thứ tự không:

- Máy biến áp: $X_{0BA1} = 0,7.\ \frac{U_{cb}^2}{S_{nBA}} = 0,7.\frac{0,4^2}{0,180} = 622,22.10^{-3}\Omega$,

Khi 2 máy làm việc song song $X_{0BA} = 622,22/2 = 311,11.\ m\Omega$

Đường dây cáp: $X_{0C} = 2X_1$.

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:

$$Z_\Sigma = \sqrt{(3R_{BA} + 6R_c)^2 + (3X_{HT} + 2X_{BA} + X_{0BA} + 7X_C)^2}$$

$$Z_\Sigma = \sqrt{(3.7,775 + 6.150,1)^2 + (3.0,89 + 2.15,995 + 311,11 + 7.9,4)^2} = 1011,45\ m\Omega$$

Dòng ngắn mạch một pha

$$I_{k2}^{(1)} = \frac{3.0,95.220}{1,0115} = 620\ A$$

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=2,15s.

4.2.1.1. Cầu chảy cao áp

Dòng điện làm việc bình thường phía cao áp $I_{lv} = \frac{368,68}{\sqrt{3}.22} = 9,68$ 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 kV, dòng định mức I_n = 10 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:

$$F_{min} = I_{k2}^{(3)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_t} = 1440.\frac{\sqrt{2,15}}{75} = 28,15 < 35\ mm^2;$$

(hệ số C_t 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

Dòng điện chạy qua thanh cái xác định $I = \frac{S_\Sigma}{\sqrt{3}U} = \frac{368,68}{\sqrt{3}.0,4} = 532,16$ A

Dự định chọn thanh cái dẹt bằng đồng có $j_{kt} = 1,8$ A/mm^2 (bảng9.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 50x6 = 300 mm^2 với $C_t = 171$ (bảng8.pl.BT).

Kiểm tra ổn định nhiệt theo điều kiện

$$F_{min} = I_{k1}^{(3)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_t} = 12310.\ \frac{\sqrt{2,15}}{171} = 105,56 < 300 \text{ mm}^2$$

Kiểm tra ổn định động: Chọn khoảng vượt của thanh cái là l = 125 cm, khoảng cách giữa các pha là a = 60 cm;

Mômen uốn:

$$M = 1,76.10^{-8}.\frac{l^2 i_{ixk}^2}{10.a} = 1,76.10^{-8}.\frac{125^2.16856^2}{10.60} = 130,22 \text{ kG.cm};$$

Mômen chống uốn: $W = 0,167b^2h = 0,167.0,6^2.\ 5 = 0,30$ cm^3

Ứng suất: $\sigma_{tt} = \frac{M}{W} = \frac{130,22}{0,30} = 434,08$ kG/cm^2 < $\sigma_{cP} = 1400$ 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 kV; lực phá huỷ $F_{ph} = 375$ kG.

Lực cho phép trên đầu sứ là $F_{cP} = 0,6\ F_{ph} = 0,6.375 = 225$ kG.

Lực tính toán $F_{tt} = 1,76.10^{-8}.l\frac{i_{ixk}^2}{a} = 1,76.10^{-8}.125.\frac{16856^2}{60} = 10,42$ kG.

Hệ số hiệu chỉnh $k = H'/H = 17,5/15 = 1,17$;

Lực tính toán hiệu chỉnh $kF_{tt} = 1,17.10,42 = 12,19 < F_{cP} = 225$ 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 A, ta chọn aptômat loại A3144 với dòng định mức là 600 A; dòng khởi động của móc bảo vệ là I_{bv}= 600 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

$$I_{n1} = \frac{P}{\sqrt{3}U.\cos\varphi} = \frac{5,6}{\sqrt{3}.0,38.0,78} = 10,91 \text{ A}$$

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 kW (máy số 3 và số 5 có cùng công suất nhưng máy số 5 có k_{nd} lớn hơn và cosφ 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 α_m = 2,5 (bảng12.pl.BT), xác định dòng mở máy của động cơ lớn nhất

$$I_{mm} = k_{mm}.I_n = 4,5.22,34 = 100,53 \text{ A}$$

$$I_{ap} = \frac{100,53}{2,5} + (10,91+8,44+17,8+19,23+5,06+9,87+16,51) = 128,05$$

Ta chọn aptômat loại A3134 có dòng điện định mức là $I_{n,Ap}$ = 200 A; dòng khởi động của móc bảo vệ I_{kd} =150A, 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_{tv} = 532,16 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 600A , 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)

$$I_{min} = 0,25.I_{tv} = 0,25.532,16 = 133,04 \text{ A}$$

Dòng điện nhị thứ khi phụ tải cực tiểu

$$I_{2min} = \frac{I_{min}}{k_i} = \frac{133,04}{120} = 1,11 \text{ A} > I_{10\%} = 0,5 \text{ A}$$

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_{tv}	I_{1Bi}	$I_{2.min}$
(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
Ă	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

$$\Delta U_{kd} = \frac{Z_{mba} + Z_{dd}}{Z_{mba} + Z_{dd} + Z_{dc}} 10$$

Tổng trở của động cơ lúc mở máy

$$Z_{dc} = X_{dc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} I_n K_I} = \frac{380}{\sqrt{3}.22,34.4,5} = 2,18\ \Omega$$

$$Z_{BA} + Z_{dd} = \sqrt{(7,82 + 150,1)^2 + (0,89 + 18,75 + 9,4)^2}\ .10^{-3} = 0,16\ \Omega$$

$$Z_{BA} + Z_{dd} + Z_{dc} = \sqrt{(7,82 + 150,1)^2 + (0,89 + 18,75 + 9,4 + 2180)^2}\ 10^{-3} = 2,21\ \Omega$$

$$\Delta U_{kd} = \frac{Z_{mba} + Z_{dd}}{Z_{mba} + Z_{dd} + Z_{dc}} 100 = \frac{0,16}{2,21} 100 = 7,2\ \% < 40\ \%$$

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 $tg\varphi_2 = 0,48$ được xác định theo biểu thức:

$$Q_b = P(tg\varphi_1 - tg\ \varphi_2) = 41,19(0,86-0,48) = 15,45\ kVAr.$$

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 $Q_{bn} = 14$ 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
Ả	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

$$\Delta A_{sb} = \frac{41,19^2 + 20,95^2}{0,38^2} 0,95.157,6.10^{-6}.3521 = 7796,18 \text{ kWh}$$

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

$$\delta C = \delta A.c_{\Delta} = 2857,06.\ 1000 = 2,86\ .10^6 \text{ đ/năm}$$

Vốn đầu tư tụ bù

$$V_b = v_{0b}Q_{bn} = 120.14.10^3 = 1,68.10^6 \text{ đ.}$$

Chi phí quy đổi

$$Z_b = pV_b = 0,185.1,68.10^6 = 0,31.10^6 \text{ đ/năm}$$

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

$$TK = \delta C - pV_b = (27,96 - 3,73).10^6 = 24,23 .10^6 \text{ đ/năm}$$

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 Ω. 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_{tn} = 27,6 Ω, điện trở suất của đất là ρ_o = 1,24.10⁴Ω 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

$$R_{nt} = \frac{R_{tn}.R_d}{R_{tn} - R_d} = \frac{27,6.4}{27,6 - 4} = 4,68\ \Omega$$

Chọn cọc tiếp địa bằng thép tròn dài l = 2,5 m, đường kính d = 5,6 cm đóng sâu cách mặt đất h = 0,5 m. Điện trở tiếp xúc của cọc này có giá trị

$$R_{cọc} = \frac{k_{coc}\rho_o}{2\pi.l}(\ln\frac{2l}{d} + \frac{1}{2}\ln\frac{4h_{tb} + l}{4h_{tb} - l}) = \frac{1,5.1,24}{2.3,14.250}(\ln\frac{2.250}{5,6} + \frac{1}{2}\ln\frac{4.175 + 250}{4.175 - 250}) = 55,8\ \Omega$$

Chiều sâu trung bình của cọc $h_{tb} = h + \frac{l}{2} = 50 + \frac{250}{2} = 170$ cm

Sơ bộ chọn số lượng cọc

$$n = \frac{R_{coc}}{R_{n.t}} = \frac{55,8}{4,68} = 11,92 \text{ chọn } n = 12 \text{ cọc}$$

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_a = L/n = 24/12 = 2 m.

Tra bảng 49.pl. [1] ứng với tỷ lệ l_a/l = 2/2,5 = 0,8 và số lượng cọc là 12, ta xác định được hệ số lợi dụng của các cọc tiếp địa là η_{coc} = 0,52, số lợi dụng của thanh nối η_{nga}=0,32.

Chọn thanh nối tiếp địa bằng thép có kích thước bxc = 50x6 cm. Điện trở tiếp xúc của thanh nối ngang

$$R_{nga} = \frac{k_{nga}\rho_o}{2\pi.L}\ln\frac{2L^2}{b.h} = \frac{2.1,24.10^4}{2.3,14.2400}\ln\frac{2.2400^2}{5.50} = 17,67\ \Omega$$

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

$$R'_{nt} = \frac{R'_{nga}.R_{n.t}}{R'_{nga} - R_{n.t}} = \frac{55,22.4,68}{55,22 - 4,68} = 5,11\ \Omega;$$

Số lượng cọc chính thức là

$$n_{ct} = \frac{R_{coc}}{\eta_{coc}.R'_{nt}} = \frac{55,8}{0,52.5,11} = 20,98 \text{ cọc chọn } n_{ct} = 21 \text{ cọc}$$

Kiểm tra độ ổn định nhiệt của hệ thống tiếp địa

$$F_{min} = I_{k1}^{(3)} \frac{\sqrt{t_k}}{C_t} = 13720.\ \frac{\sqrt{2,15}}{74} = 272,87 < S_{tn} = 50.6 = 300\ mm^2$$

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 $\sum V = 317,49$ triệu đồng.

* Tổng giá thành có tính đến công lắp đặt

$$V_{\Sigma} = k_{ld}\sum V = 1,1.317,49 = 349,24 \text{ triệu đồng}$$

* Giá thành một đơn vị công suất đặt

$$g_d = \frac{\sum V}{S_d} = \frac{349,24}{360}.10^6 = 0,97.10^6 \text{ đ/kVA}$$

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, 10^3đ	V 10^6đ
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Trạm biến áp	2.TM180/22	Cái	1	$152,7.10^3$	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 chảy cao áp	ПК,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	Aptômạt 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	Ampekế	0-200 A	Cái	14	100	1,40
17	Vônkế	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

$$Z_\Sigma = p\,V_\Sigma + C_{HT\Sigma} - \delta A_\Sigma = (0{,}185.\ 349{,}27 + 126{,}103 - 27{,}958).10^6 = 162{,}76.10^6 \text{ đ/năm.}$$

* Tổng điện năng tiêu thụ

$$\Sigma A = P_\Sigma . T_M = 270{,}1.5100 = 1377510 \text{ kWh}$$

* Tổng chi phí trên một đơn vị điện năng

$$g = \frac{Z_\Sigma}{\sum A} = \frac{162{,}76}{1377510}.10^6 = 118{,}15 \text{ đ/kWh.}$$

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 $n_{tầng}$ tầng, kích thước mặt bằng AxB, mỗi tầng có n_h căn hộ, công suất tiêu thụ trung bình của mỗi hộ là p_0 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 $h_{tg} = 3,5$ m. Chiếu sáng chung trong nhà với diện tích $F_{tr.n}$ bằng 1,75% tổng diện tích mặt bằng (AxB), 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 $p_{0cs.1}$ W/m^2; Chiếu sáng ngoài trời với tổng chiều dài bằng nửa chu vi của khu chung cư ($L_{cs.2}$ = 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 $p_{0cs.2}$, W/m. Toàn bộ chung cư có $n_{th.m}$ thang máy công suất của mỗi thang máy là 7 kW với hệ số tiếp điện $\varepsilon = 0,8$; $\cos\varphi_{t.m} = 0,54$; Một trạm bơm gồm n_b máy công suất mỗi máy là 6,3 kW, hệ số sử dụng $k_{sd} = 0,55$ 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 $t_f = 24$ h; Suất thiệt hại do mất điện $g_{th} = 1500$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_Δ =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

	Ứng với tên Họ						Ứng với tên đệm				Ứng với tên		
α -β	AxB, mxm	U_1, kV	$n_{tầng}$	$n_{hộ}$	$n_{th.m}$	n_b	p_0, kW	α_{th}	$p_{0.1}$ W/m²	$p_{0.2}$, 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:

	Ứng với hàng Đ						Ứng với hàng V				Ứng với hàng Đ	
α -β	AxB	U_1, kV	$n_{tầng}$	$n_{hộ}$	$n_{th.m}$	n_h	p_0, kW	α_{th}	$p_{0.1}$ 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

$$P_{0\text{-}15} = 1,38.(1+0.03.10) = 2 \text{ kW}$$

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

$$k_{dt}^{n} = p^{n} + 1,5.\sqrt{\frac{p^{d}(1-p^{n})}{n_{ho}}} = 0,35 + 1,5\sqrt{\frac{0,35.(1-0,35)}{12}} = 0,56$$

$$k_{dt}^{d} = p^{d} + 1,5.\sqrt{\frac{p^{d}(1-p^{d})}{n_{ho}}} = 0,7 + 1,5\sqrt{\frac{0,7.(1-0,7)}{12}} = 0,89$$

Công suất tính toán của mỗi tầng

$$P_{tang} = P^{d}_{tầng} = k_{dt}^{d}\sum p_{0.15}.n_{ho} = 0,895.2.12 = 21,56 \text{ kW}$$

Hệ số đồng thời của toàn chung cư với tổng số n = 12x9 = 108 hộ

$$k_{dt}^{n} = 0,35 + 1,5\sqrt{\frac{0,35.(1-0,35)}{108}} = 0,42$$

$$k_{dt}^{d} = 0,7 + 1,5\sqrt{\frac{0,7.(1-0,7)}{108}} = 0,77$$

Phụ tải sinh hoạt ngày và đêm của toàn chung cư

$$P^{n}_{sh} = k_{dt}^{n}\sum p_{0.15}.n = 0,42.2.108 = 90,47 \text{ kW}$$

$$P^{d}_{sh} = k_{dt}^{d}\sum p_{0.15}.n = 0,77.2.108 = 165,49 \text{ kW}$$

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 $\cos\varphi_{tb} = \cos\varphi^{d} = 0,913$.

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

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

Tổng công suất của các thang máy

$$P_{\Sigma tm} = k_{nc.tm}.\sum P_{tm} = 0,65.4.6,26 = 16,28 \text{ kW}$$

(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 $P^n_{tm} = P^d_{tm}$=16,28 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:

$$P_b = k_{nc}.n_b.P_{n.bom} = 0,882.\ 2.\ 6,3 = 11,12 \text{ kW}$$

Công suất tính toán ở các thời điểm cực đại:

- Ngày: $P_{b.ng} = k^n_{tM}.P_b = 1.11,12 = 11,12$ kW

- Đêm: $P_{b.đ} = k^đ_{tM}.P_b = 0,55.11,12 = 6,23$ kW

Công suất tính toán của nhóm động lực:

$$P^n_{đl.} = P_{t.m} + P^n_b([(\frac{P^n_b}{5})^{0,04} - 0,41] = 16,28 + 11,12.[(\frac{11,12}{5})^{0,04} - 0,41] = 23,2 \text{ kW}$$

$$P^đ_{đl.} = P_{t.m} + P^đ_b([(\frac{P^đ_b}{5})^{0,04} - 0,41] = 16,28 + 6,23.[(\frac{6,23}{5})^{0,04} - 0,41] = 20 \text{ kW}$$

Hệ số công suất của nhóm động lực

$$\cos\varphi_{đl} = \frac{\Sigma P_i.\cos\varphi_i}{\Sigma P_i} = \frac{16,28.0,54 + 11,12.0,75}{16,23 + 11,12} = 0,62$$

1.3. Phụ tải chiếu sáng công cộng

a. Chiếu sáng trong nhà

Tổng diện tích chiếu sáng là $F_{cs.1}$= 0,0175.(150.200) = 525 $m^{2+;}$

Công suất chiếu sáng trong nhà

$$P_{cs1} = p_{0cs.1}.F_{cs.1} = 0,015.525 = 7,875 \text{ kW}$$

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

$$P_{cs2} = p_{0cs.2}.L_{cs.2} = 0,03*350 = 10,5 \text{ kW}$$

1.4. Tổng hợp phụ tải

Tổng công suất chiếu sáng: $P_{cs} = k_{dt}(P_{cs1} + P_{cs2}) = 1.(7,875+10,5) = 18,375$ kW

Hệ số đồng thời của 2 nhóm phụ tải chiếu sáng $k_{dt} = 1$

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	7,875

Công suất tính toán của 2 nhóm động lực và chiếu sáng

$$P^{n}_{dl\&cs} = P^{n}_{dl} = 23,2 \text{ kW}$$

$$P^{d}_{dl\&cs} = P^{d}_{dl} + P^{d}_{cs}([(\frac{P^{d}_{cs}}{5})^{0,04} - 0,41] = 20 + 7,875.[(\frac{7,875}{5})^{0,04} - 0,41] = 31,83 \text{ kW}$$

Số gia của phụ tải động lực và chiếu sáng ở các thời điểm cực đại

$$\Delta P^{n}_{dl\&cs} = 23,2.[\ [(\frac{23,2}{5})^{0,04} - 0,41] = 15,16 \text{ kW}$$

$$\Delta P^{d}_{dl\&cs} = 31,83.[\ [(\frac{31,83}{5})^{0,04} - 0,41] = 21,23 \text{ kW}$$

Công suất tổng hợp của toàn chung cư

$$P^{n}_{\Sigma} = P^{n}_{sh} + \Delta P^{n}_{dl\&cs} = 90,47 + 15,16 = 105,63 \text{ kW}$$

$$P^{d}_{\Sigma} = P^{d}_{sh} + \Delta P^{d}_{dl\&cs} = 165,49 + 21,23 = 186,71 \text{ kW}$$

Như vậy công suất tính toán sẽ là

$$P_{tt} = Max(P^{n}_{\Sigma}; P^{d}_{\Sigma}) = Max(105,63; 186,71) = 186,71 \text{ kW}$$

Coi hệ số công suất của phụ tải chiếu sáng bằng 1, xác định hệ số công suất tổng hợp

$$\cos\varphi_{\Sigma} = \frac{\Sigma P_i.\cos\varphi_i}{\Sigma P_i} = \frac{165,49.0,913 + 20.0,62 + 18,375.1}{165,49 + 20 + 18,375} = 0,89$$

Vậy công suất biểu kiến sẽ là

$$S = \frac{P_{tt}}{\cos\varphi_{\Sigma}} = \frac{186,71}{0,89} = 209,18 \text{ kVA}$$

$$Q = P_{tt}.tg\varphi_{\Sigma} = 186,71.\ 0,506 = 94,3 \text{ kVAr}$$

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 ΔU_{cf1} = 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.mm^2/Ω .

Sơ bộ chọn x_0 = 0,1 Ω/km, xác định thành phần hao tổn điện áp phản kháng

$$\Delta U_{x1}\% = \frac{Q_\Sigma.x_0.l_1}{U^2}.100 = \frac{94,3.0,1.55.100}{380^2} = 0,036\%$$

Thành phần hao tổn điện áp tác dụng

$$\Delta U_{r1}\% = \Delta U_{cf1}\% - \Delta U_{x1}\% = 2 - 0,036 = 1,64\%$$

Tiết diện dây dẫn của đường dây cung cấp cho tủ phân phối tổng được xác định theo biểu thức

$$F_1 = \frac{P_\Sigma.l_1.10^5}{\gamma.\Delta U_{r1}\%.U^2} = \frac{186,71.55.10^5}{54.1,64.380^2} = 80,26\text{mm}^2$$

Ta chọn cáp vặn xoắn tiết diện 95 mm^2 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

$$\Delta U_1 = \frac{P_\Sigma.r_{01} + Q_\Sigma.x_{01}}{U^2}.l_1.100 = \frac{186,71.0,19 + 94,3.0,08}{380^2}.55.100 = 1,64\% < 2\%$$

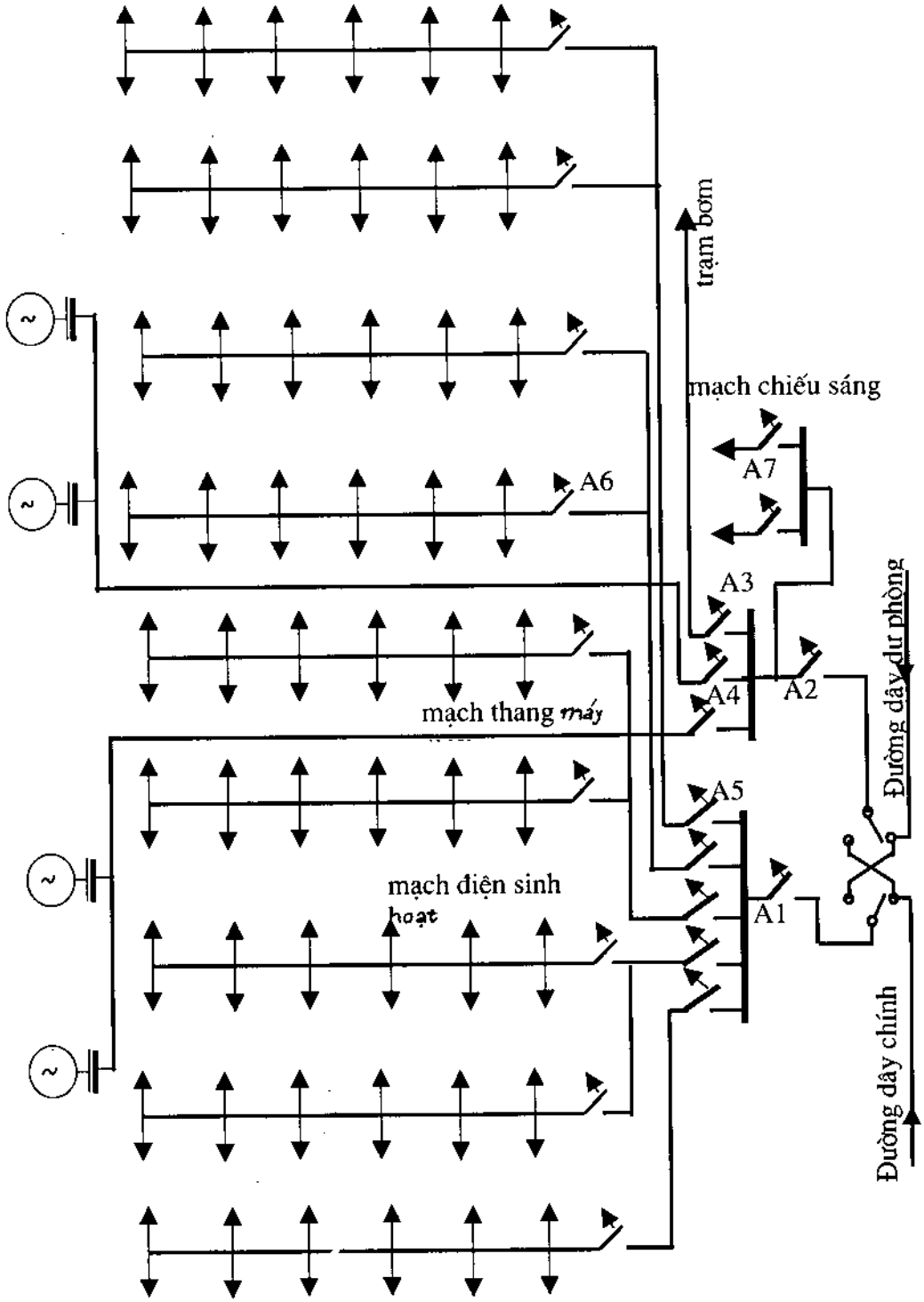
Như vậy cáp đã chọn đảm bảo yêu cầu về chất lượng điện áp.

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. 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: $Q_{tang} = P_{tang}.tg\varphi = 21,56.0,426 = 9,63$ kVAr.

Thành phần phản kháng của hao tổn điện áp

$$\Delta U_{x2}\% = \frac{Q_{tang}.x_0.l_2}{U^2}.100 = \frac{9,63.0,1.31,5.100}{380^2} = 0,021\%$$

Thành phần hao tổn điện áp tác dụng

$$\Delta U_{r2}\% = \Delta U_{cf2}\% - \Delta U_{x2}\% = 1,25 - 0,021 = 1,229\%;$$

Tiết diện dây dẫn của đường từ tủ phân phối tổng đến tủ phân phối tầng

$$F_2 = \frac{P_{tang}.l_2.10^5}{\gamma.\Delta U_{r2}\%.U^2} = \frac{21,56.31,5.10^5}{54.1,229.380^2} = 6,94mm^2$$

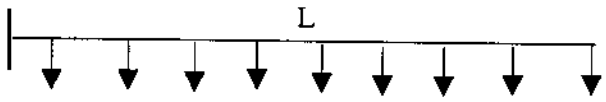
Ta chọn cáp hạ áp XLPE–10 có tiết diện 10 mm^2 với $r_0 = 2$ và $x_0 = 0,08$ Ω/km.

Hao tổn điện áp thực tế

$$\Delta U_2 = \frac{21,56.2 + 9,63.0,08}{380^2}.31,5.100 = 0,96 < 1,25\%$$

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).

$$\Delta U_{x2}\% = \frac{Q_{\Sigma}.x_0.l_2}{2.U^2}.100 = \frac{73,94.0,1.31,5.100}{2.380^2} = 0,08\%$$

$$\Delta U_{r2}\% = \Delta U_{cf2}\% - \Delta U_{x2}\% = 1,25 - 0,08 = 1,17\%$$

Tiết diện dây dẫn được xác định theo biểu thức

$$F_{2'} = \frac{P_{tang}\frac{l_2}{2}.10^5}{\gamma.\Delta U_{r2'}.U^2} = \frac{165,49.\frac{31,5}{2}.10^5}{54.1,17.380^2} = 28,59\ mm^2$$

Ta chọn dây cáp đồng XLPE –35 có tiết diện 35 mm^2, $r_0 = 0,52$ và $x_0 = 0,08$ Ω/km.

Hao tổn điện áp thực tế

$$\Delta U_{2'} = \frac{165,49 + 73,94.0,08}{2.380^2}.31,5.100 = 1,01 < 1,25\%$$

So sánh 2 phương án:

- Phương án 1:

Tổng chiều dài của tất cả các nhánh dây lên các tầng là

$$\Sigma l_1 = 3,5+7+10,5+14+17,5+21+24,5+28+31,5 = 154 \text{ m}$$

Tổn thất điện năng trên các đoạn dây theo phương án 1

$$\Delta A_1 = \frac{P_{tang}^2 + Q_{tang}^2}{U^2} r_0.\Sigma l_1.\tau.10^{-3} = \frac{21,56^2 + 9,63^2}{0,38^2}.2.154.2181.10^{-6} = \mathbf{2373,77} \text{ kWh}$$

Chi phí do tổn thất

$$C_{\Delta A} = c_A.\Delta A_1 = 550.2373,77 = 1,306.10^6 \text{ đ}$$

Suất vốn đầu tư của cáp XLPE–10 là v_{01}= 46,76.10^6đ/km (bảng 7.pl) [1]

Chi phí quy đổi theo phương án 1

$$Z_1 = p.v_{01}.l_\Sigma + C_{\Delta A} = 0,136.46,76.0,154 + 1,306 = 2,324.10^6 \text{đ}.$$

Tính toán tương tự cho phương 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. 10^6đ	ΔA, kWh	V.10^6đ	C.10^6đ	Z.10^6đ
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 sổ tay thiết kế các thang máy có hệ số cosφ trung bình là 0,54 do đó công suất phản kháng của thang máy sẽ là

$$Q_{t.m} = P_{t.m}.tg\varphi = 6,26.1,56 = 9,76 \text{ kVAr}$$

Xác định thành phần hao tổn điện áp phản kháng

$$\Delta U_{x3}\% = \frac{Q_{t.m}.x_0.l_3}{U^2}.100 = \frac{9,76.0,1.30.100}{380^2} = 0,02\%$$

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

$$F_3 = \frac{P_{t.m}.l_3.10^5}{\gamma.\Delta U_{r3}\%.U^2} = \frac{6,26.30.10^5}{54.1,23.380^2} = 1,96mm^2$$

Chọn cáp hạ áp có tiết diện 4 mm^2 có $r_0 = 5$ và $x_0 = 0,09\ \Omega/km$

2.4. Chọn dây dẫn cho đường dây đến trạm bơm

Chiều dài từ tủ phân phối tổng đến trạm bơm là l_4= 65 m. Xác định thành phần hao tổn điện áp phản kháng

$$\Delta U_{x4}\% = \frac{Q_b.x_0.l_4}{U^2}.100 = \frac{2.5,56.0,1.65.100}{380^2} = 0,05\%$$

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

$$F_4 = \frac{P_b.l_4.10^5}{\gamma.\Delta U_{r4}\%.U^2} = \frac{2.6,3.65.10^5}{54.1,95.380^2} = 5,39\ mm^2$$

Chọn cáp hạ áp có tiết diện 6 mm^2.

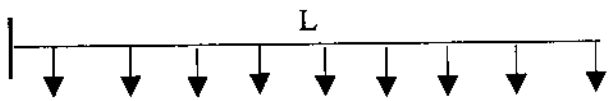
2.5. Chọn tiết diện dây dẫn cho mạng điện chiếu sáng

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

$$L_{cs.tr} = 4,5.31,5 = 141,75\ m$$

Chọn hệ thống chiếu sáng trong nhà là mạng điện 1 pha 220 V (hình 3.3); hao tổn điện áp cho phép là $\Delta U_{cf} = 2,5\%$

Hình 3.3.
Sơ đồ mạng điện chiếu sáng trong nhà.



Mômen tải $M = P_{cs}.L_{cs.tr}/2 = 7,875.\ 141,75/2 = 558,14$ kW.m

Tiết diện dây dẫn

$$F_{cs1} = \frac{M}{C_1\Delta U_{cp}} = \frac{558,14}{14.2,5} = 15,95\ mm^2$$ ta chọn cáp đồng 2 lõi PVC-16;

Hao tổn điện áp thực tế

$$\Delta U_{cs.tr} = \frac{M}{C_1.F_c} = \frac{558,14}{14.16} = 2,49\% < 2,5\%$$

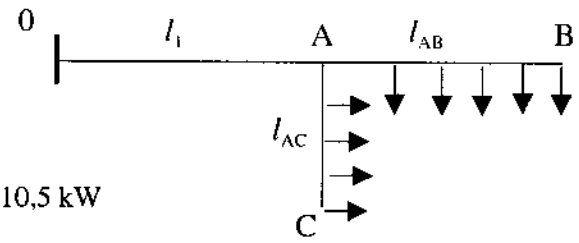
$C_1 = 14$ (bảng 4.pl.BT)

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 = 0,03kW/m, hao tổn điện áp cho phép là ΔU_{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 2 pha có dây trung tính.

Công suất tính toán chạy trên các đoạn dây

$P_{AB} = p_0.l_2 = 0,03.150 = 4,5$ kW

$P_{AC} = p_0.l_3 = 0,03.200 = 6$ kW



Hình 3.4.
Sơ đồ mạng điện chiếu sáng ngoài trời.

$P_{OA} = P_{AB} + P_{AC} = 4,5 + 6 = 10,5$ kW

Mômen tải của các đoạn dây

$M_{OA} = P_{OA}.\ l_1 = 10,5\ .\ 36 = 378$ kWm

$M_{AB} = P_{AB}.\ l_{AB}/2 = 4,5.\ 125/2 = 337,5$ kWm

$M_{AC} = P_{AC}.\ l_{AC}/2 = 6.\ 200/2 = 600$ kWm

Tra bảng 4.pl.BT. ta tìm được hệ số C = 83 và bảng 5.pl.BT cho α=1,39.

Xác định mômen quy đổi

$M_{qd} = M_{OA} + \alpha\ (M_{AB} + M_{AC}) = 378 + 1,39.(337,5 + 600) = 1681,13$ kWm

Tiết diện dây dẫn trên đoạn dây đầu

$$F_{OA} = \frac{M_{qd}}{C\Delta U_{cp}} = \frac{1681,13}{83.1,5} = 13,5\ mm^2$$, ta chọn cáp đồng loại PVC-16.

Hao tổn điện áp thực tế trên đoạn OA

$$\Delta U_{OA} = \frac{1681,13}{83.16} = 1,27\ \%$$

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

$$F_{ab} = \frac{337,5}{37.1,23} = 7,39\ mm^2$$ chọn cáp PVC-10

$$F_{ac} = \frac{600}{37.1,23} = 13,14\ mm^2$$ 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	ΔU_{cf}%	ΔU_x%	ΔU_r%	F_{tt},mm^2	F_c	ΔU_{tt}%
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 0A	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

$$\Delta P_1 = \frac{P_\Sigma^2 + Q_\Sigma^2}{U^2} r_0.l_1.10^{-6} = \frac{186,71^2 + 94,3^2}{0,38^2} 0,19.55.10^{-6} = 3,167\ kW$$

$$\Delta Q_1 = \frac{P_\Sigma^2 + Q_\Sigma^2}{U^2} r_0.l_1.10^{-6} = \frac{186,71^2 + 94,3^2}{0,38^2} 0,08.55.10^{-6} = 1,333\ kVAr;$$

Thời gian hao tổn cực đại

$$\tau = (0,124 + T_M.10^{-4})^2 8760 = (0,124 + 3750.10^{-4})^2 8760 = 2181\ h$$

Tổn thất điện năng trên đoạn dây từ trạm biến áp đến tủ phân phối tổng

$$\Delta A_1 = \frac{P_\Sigma^2 + Q_\Sigma^2}{U^2} r_0 . l_1 . \tau . 10^{-3} = \frac{186,71^2 + 94,3^2}{0,38^2} 0,19.55.2181.10^{-6} =$$

$$= 6906,317 \text{ kWh}$$

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

$$\Delta A_{cs.tr.n} = \frac{2.P^2}{3.U_{\hat{u}}^2} r_0 . L_{cs.tr.n} . \tau = \frac{2.7,875^2}{3.0,22^2} 1.25.141,75.2181.10^{-6} = 330,11 \text{ kWh}$$

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 ΔP_{Σ} = 5,12kW và ΔQ_{Σ} = 1,425 kVAr

Tổng tổn thất điện năng trong tất cả các đoạn dây là $\Delta A_{\Sigma d}$ = 11330,44kWh

Tổn thất trong máy biến áp $\Delta A_{\Sigma BA}$ = 8067,89 kWh (kết quả tính toán ở năm cuối chu kỳ tính toán của phương án 1, Bảng 3.2)

$$\Delta A_{\Sigma} = \Delta A_{\Sigma d} + \Delta A_{\Sigma BA} = 11330,44 + 8067,89 = 19398,33 kWh$$

Tổng điện năng tiêu thụ trong năm

$$A = P_{\Sigma}.T_M = 186,71.\ 3750 = 700179\ kWh$$

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 đ/kWh (bảng 11.22.b)[1] .

Tổng công suất tính toán của toàn chung cư có kể đến tổn thất là

$$S_{tt} = S + \Delta S = P + \Delta P_{\Sigma} + j(Q + \Delta Q_{\Sigma}) = (186,71 + 5,12) + j(94,3 + 1,425) = 214,39\ kVA$$

Căn cứ vào kết quả tính toán phụ tải S_{tt} 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 VNĐ
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 xẩy 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 xẩy ra sự cố.

Trước hết ta xác định phụ tải tính toán của toàn chung cư qua các năm theo biểu thức:

$$S_i = (P_{shi} + \Delta P_{dl\&cs})/\cos\varphi \quad = (k^d_{dt}.n.P_{0i}.t + \Delta P_{dL\&cs})/\cos\varphi$$

Phụ tải của các năm xác định theo biểu thức:

$$S_i = [k^d_{dt}\ n.\ p_0(1+\alpha.t) + \Delta P_{dl\&cs}]/\cos\varphi;$$

Năm thứ nhất: $S_1 = [0,766.108.1,38(1+0,03.1) + 21,23]/0,89 = 155,98$ 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

$$S_{th1} = S_{t1} - 1,4.\ S_{BA} = 155,98 - 1,4.100 = 15,98 \text{ kVA}$$

Thiệt hai do mất điện

$$Y_1 = S_{th}.\cos\varphi\ .t_f.\ g_{th} = 15,98.\ 0,89.\ 24.\ 1,5 = 0,525.10^6 \text{ đ}$$

Xác định tổn thất điện năng trong các máy biến áp:

Năm thứ nhất:

$$\Delta A_{I-1} = n_{BA}.\Delta P_0.t + \frac{\Delta P_k}{2}.\tau.(\frac{S}{S_{nBA}})^2 = 2.0,32.8760 + \frac{2,05}{2}.(\frac{155,98}{100})^2.2181 =$$

$$= 6966,25 \text{ kWh}$$

$$\tau = (0,124 + T_M 10^{-4})^2 8760 = (0,124 + 3750.10^{-4})^2 8760 = 2181 \text{ h}$$

Chi phí tổn thất ở năm thứ nhất:

$$C_1 = c_\Delta.\Delta A_{I-1} = \ 550.\ 6966,25 = 3,831.10^6 \text{đ/năm}$$

Tổng chi phí ở năm thứ nhất

$$C_{\Sigma 1} = Y_1 + C_1 = (0,525 + 3,831).10^6 = 4,357.\ 10^6 \text{ đ}$$

Giá trị tổng chi phí quy về hiện tại PVC được xác định theo biểu thức

$$PVC = \sum_{t=0}^{T} C_{\Sigma t}\beta^{t} \rightarrow \min$$

với $$\beta = \frac{1}{1+i} = \frac{1}{1+0,1} = 0,91;$$

$$C_{\Sigma 1}\beta^{1} = 4,357.10^{6}.\ 0,91 = 4,085.10^{6}\ đ.$$

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_{xc}, kVA	ΔA, kWh	Y.10^6 đ	C. 10^6,	C_{Σ}	β^t	$C_{\Sigma}.\beta^t$
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_{xc}, kVA	ΔA, kWh	Y.10^6 đ	C. 10^6,	C_{Σ}	β^t	$C_{\Sigma}.\beta^t$
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**

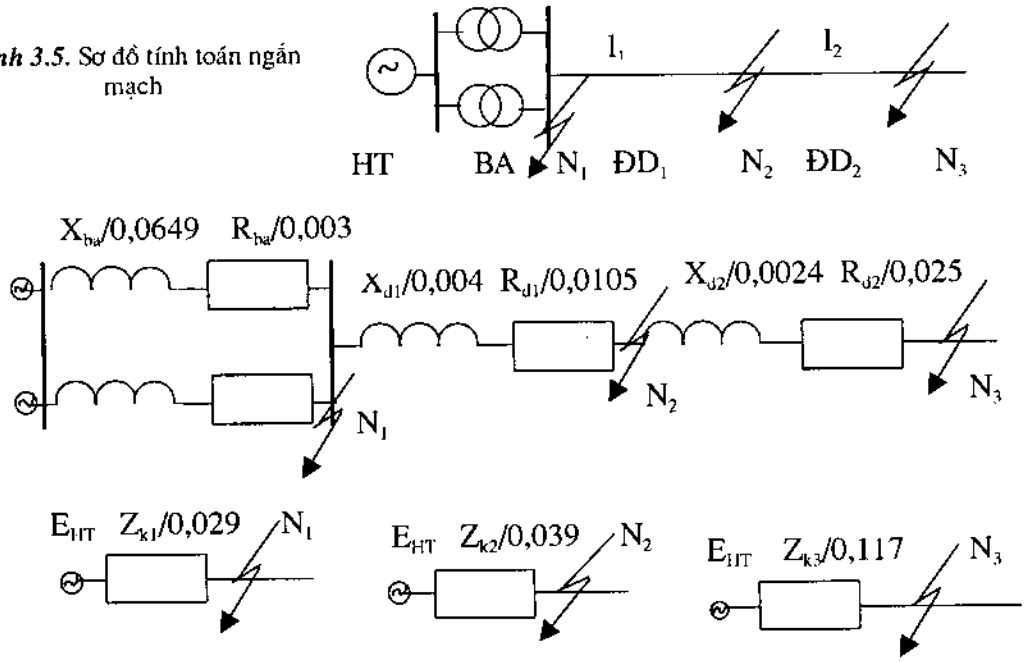
Từ kết quả tính toán ở bảng 3.8, ta thấy phương án 1 có PVC nhỏ nhất, nên đó chính là phương án tối ưu cần xác định. Tóm lại ta chọn trạm biến áp gồm 2 máy 100 kVA loại TM.100/10.

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: $S_{ba} = 100$ kVA; $\Delta P_k = 2{,}05$ kW; $U_k = 4\%$.

Hình 3.5. Sơ đồ tính toán ngắn mạch



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 $U_{cb} = 0{,}38$ kV.

Xác định điện trở của các phần tử:

$$Z_{BA} = \frac{U_k U^2_{cb}}{100 S_{BA}} = \frac{4{,}5.0{,}38^2}{100.0{,}1} = 0{,}065\ \Omega$$

$$R_{BA} = \frac{\Delta P_k U^2_{cb}}{S^2_{BA}} = \frac{2{,}05.0{,}38}{0{,}1^2.10^3} = 0{,}003\ \Omega$$

$$X_{BA} = \sqrt{Z_B^2 - R_B^2} = \sqrt{0,065^2 - 0,003^2} = 0,0649$$

$$R_{d1} = r_{01}l_1 = 0,19.0,055 = 0,0105$$

$$X_{d1} = x_{01}l_1 = 0,08.0,055 = 0,004$$

$$R_{d2} = r_{02}l_2 = 1,83.0,0315 = 0,025$$

$$X_{d2} = x_{02}l_2 = 0,109.0,0315 = 0,0024$$

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

Dòng điện ngắn mạch 3 pha $I_{k1}^{(3)} = \dfrac{U_{cb}}{\sqrt{3}Z_{k1}} = \dfrac{0,38}{\sqrt{3}.0,0325} = 6,753kA$

Dòng xung kích: $i_{xk1} = k_{xk}\sqrt{2}\ I_{k1}^{(3)} = 1,2.\ \sqrt{2}\ .\ 6,753 = 11,46$ kA

Giá trị hiệu dụng của dòng xung kích $I_{xk1} = 1,09.\ 6,753 = 7,36$ kA

Công suất ngắn mạch $S_k = \sqrt{3}\ .0,38.\ 7,597 = 5$ 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:

$$X_{0BA} = 0,65.\ \frac{U_{cb}^2}{S_{BA}} = 0,65.\frac{0,38^2}{0,1} = 0,94\ \Omega$$

Tổng trở ngắn mạch một pha được xác định như sau:

Tại điểm N_1

$$Z^{(1)}_{\Sigma 1} = \sqrt{(3R_{BA}/2)^2 + ((2X_{BA} + X_{0BA})/2^2}$$

$$Z_{\Sigma 1} = \sqrt{(3.0,003/2)^2 + (2.(0,0649+0,94)/2)^2} = 0,534\Omega$$

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{(3R_{BA}/2 + 6(R_{d1} + R_{d2}))^2 + ((2X_{BA} + X_{0BA})/2 + 7(X_{d1} + X_{d2}))^2}$$

$$Z_{\Sigma 1}=\sqrt{(3.0,003/2+6.(0,0105+0,025)^2+(2.(0,0649+0,94)/2+7.(0,004+0,0024))^2}=0,719\Omega$$

Hay $Z_{\Sigma 1} = 0,719\ \Omega$

Dòng ngắn mạch một pha tại các điểm N_1 và N_3

$$I_{k1}^{(1)}=\frac{3.U_f}{Z_{\Sigma 1}}=\frac{3.0,22}{0,534}=1,232\ kA$$

$$I_{k3}^{(1)}=\frac{3.0,95.U_f}{Z_{\Sigma 1}}=\frac{3.0,95.0,22}{0,719}=0,869\ kA=869\ A.$$

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

$$I_{lv}=\frac{S_\Sigma}{\sqrt{3}.U}=\frac{205,55}{\sqrt{3}.10}=11,87\ A$$

Ta chọn cầu chảy cao áp loại ПК do Liên bang Nga chế tạo có U_n= 10 kV, dòng định mức I_n = 16 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 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

$$I_\Sigma=\frac{S_\Sigma}{\sqrt{3}.U}=\frac{205,55}{\sqrt{3}.0,38}=312,3\ A$$

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 50x5 = 250 mm^2 .

Thanh cái được kiểm tra điều kiện ổn định nhiệt theo điều kiện

$$F_{min.tc} = \frac{I_{k1}^{(3)}.\sqrt{t_k}}{C_t} = \frac{6,753.\sqrt{0,5}}{159}.10^3 = 30,03 \text{ mm}^2 < F_c = 250 \text{ mm}^2$$

Thanh cái đạt yêu cầu về ổn định nhiệt.

Kiểm tra ổn định động: Chọn khoảng vượt của thanh cái là l = 130 cm, khoảng cách giữa các pha là a = 60 cm;

Mômen uốn:

$$M = 1,76.10^{-8}.\frac{l^2 i_{ixk1}^2}{10.a} = 1,76.10^{-2}.\frac{130^2.11,46^2}{10.60} = 65,1 \text{ kG.cm}$$

Mômen chống uốn: $W = 0,167b^2h = 0,167.0,5^2.5 = 0,21 \text{ cm}^3$

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 OФ-10-375 có U = 10 kV; lực phá huỷ F_{ph} = 375 kG

Lực cho phép trên đầu sứ là $F_{cP} = 0,6\ F_{ph} = 0,6.375 = 225$ kG

Lực tính toán $F_{tt} = 1,76.10^{-8}.l\frac{i_{ixk1}^2}{a} = 1,76.10^{-2}.130.\frac{11,46^2}{60} = 5,08$ kG

Hệ số hiệu chỉnh k = H'/H = 17,5/15 = 1,17

Lực tính toán hiệu chỉnh $kF_{tt} = 1,17.5,08 = 5,86 < F_{cP} = 225$ 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

$$F_{min1} = \frac{I_{k2}^{(3)}.\sqrt{t_k}}{C_t} = \frac{5,66.\sqrt{0,5}}{159}.10^3 = 25,19 \text{ mm}^2 < F_c = 95 \text{ mm}^2$$

Coi thời gian tồn tại ngắn mạch t_k = 0,5s với cáp đồng C_t =159 (bảng 8.pl.BT)

Vậy cáp đã chọn đảm bảo điều kiện ổn định nhiệt

$$F_{min2} = \frac{I_{k3}^{(3)}.\sqrt{t_k}}{C_t} = \frac{1,87.\sqrt{0,5}}{159}.10^3 = 8,3\ mm^2 < F_c = 10\ mm^2$$

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_{Σ} = 312,3 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

$$I_{cs} = \frac{P_{sh}}{\cos\varphi.\sqrt{3}.U} = \frac{162,17}{0,913.\sqrt{3}.0,38} = 269,88\ A$$

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:

- Thang máy: $I_{t.m} = \frac{P_{.tm}}{\sqrt{3}.U.\cos\varphi_{tm}} = \frac{7}{\sqrt{3}.0,38.0,54} = 19,69\ A;$

Dòng định mức quy về chế độ làm việc dài hạn

$$I'_{t.m} = \frac{P'_{.tm}}{\sqrt{3}.U.\cos\varphi_{tm}} = \frac{6,28}{\sqrt{3}.0,38.0,54} = 17,62\ A$$

- Máy bơm: $I_b = \dfrac{P_b}{\sqrt{3}.U.\cos\varphi_b} = \dfrac{6,3}{\sqrt{3.0,38.0,75}} = 12,76$ A

Dòng khởi động của aptômat được xác định theo biểu thức

$$I_{kd} \geq \frac{I_{mm.Max}}{\alpha} + \sum_{1}^{n-1} I_{ni} = \frac{I_{mm.Max}}{\alpha} + (3.I'_{tm} + 2.I_b) =$$

$$= \frac{88,63}{2} + (3.17,62 + 2.12,76) = 122,69A$$

Dòng mở máy của động cơ lớn nhất

$$I_{mmMax} = k_{mm}.I_{n.Max} = 4,5.19,69 = 88,63$$

$\alpha = 2$ (làm việc ngắn hạn, bảng 12.pl.BT);

Dòng khởi động cắt nhanh của aptômat phải thoả mãn điều kiện

$$I_{kd.cn} \geq 1,25.I_{mm} = 1,25.88,63 = 110,78 \text{ A}$$

Ta chọn aptômat loại EA103G có dòng định mức 125 A

Trạm bơm

$$I_{kdb} \geq \frac{I_{mm.b}}{\alpha_b} + I_b = \frac{k_{mm}.I_b}{\alpha_b} + I_b \quad \frac{4,5.12,76}{2,5} + 12,76) = 35,73 \text{ A}$$

Dòng khởi động cắt nhanh

$$I_{kd.cn} \geq 1,25.I_{mm.b} = 1,25.4,5.12,76 = 71,79 \text{ A}$$

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

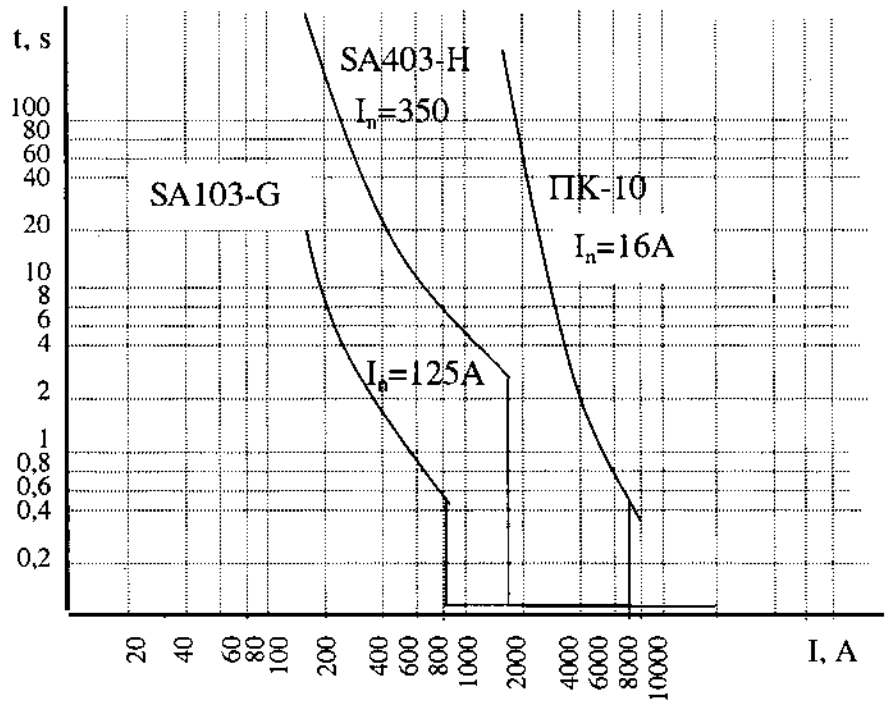
Mạch bảo vệ	Ký hiệu	Số lượng	Loại aptômat	Dòng điện khởi động, A	
				Tính toán	Định mức
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Lộ tổng	A0	1	SA403-H	312,3	350
Sinh hoạt	A1	1	SA403-H	270	300
Động lực	A2	1	EA103G	118	125
Trạm bơm	A3	1	EA103G	71,79	75
Thang máy	A4	2	EA103G	110,78	125

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	ПМЕ-211	17,62	25
Khởi động từ máy bơm		2	ПМЕ-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 ПК-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 ПК-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_Σ = 312,3 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 = 0,5A)

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

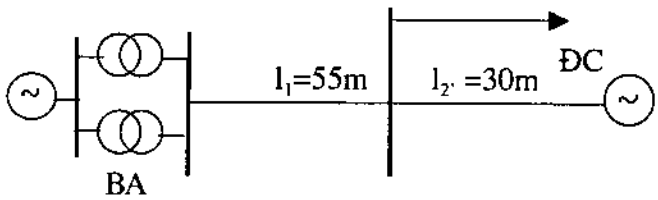
$$I_{2min} = \frac{I_{min}}{k_i} = \frac{78}{80} = 0,96 \text{ A} > I_{10\%} = 0,5 \text{ A}$$

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 Ω; X_{BA} = 0,065

R_{d1} = 0,0105; X_{d1} = 0,004

$R_{d2'} = r_{02'}.l_{2'}$ = 5.0,03 = 0,15

$X_{d2'} = x_{02'}.l_{2'}$ = 0,09.0,03 = 0,0027;

Tổng trở của động cơ lúc mở máy

$$Z_{dc} = X_{dc} = \frac{U_n}{\sqrt{3}I_{t.m}K_{mm}} = \frac{380}{\sqrt{3}.19,69.4,5} = 2,475\ \Omega$$

$$Z_{BA} + Z_{dd} = \sqrt{(0,003 + 0,0105 + 0,15)^2 + (0,065 + 0,004 + 0,003)^2} = 0,179\ \Omega$$

$$Z_{BA} + Z_{dd} + Z_{dc} = \sqrt{(0,003 + 0,0105 + 0,15)^2 + (0,065 + 0,004 + 0,003 + 2,475)^2} =$$

$$= 2,844\ \Omega$$

$$\Delta U_{kd} = \frac{Z_{BA} + Z_d}{Z_{BA} + Z_d + Z_{dc}} 100 = \frac{0,179}{2,844} 100 = 6,3\ \% < 40\ \%$$

Vậy chế độ khởi động động là ổn định.

7. TÍNH TOÁN NỐI ĐẤT

Như đã biết, điện trở nối đất cho phép đối với trạm biến áp có công suất >100 kVA là R_{td} = 4 Ω, điện trở suất của vùng đất đo trong điều kiện độ ẩm trung bình k_{coc}=1,5) là ρ_o =0,75.10^{4}Ω 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.

$R_{n.t} = R_{td}$ = 4 Ω . Chọn cọc tiếp địa bằng thép tròn dài l = 2,5 m, đường kính d = 6 cm đóng sâu cách mặt đất h = 0,75 m.

Chiều sâu trung bình của cọc $h_{tb} = h + \frac{l}{2} = 75 + \frac{250}{2} = 200$ cm;

Điện trở tiếp xúc của cọc tiếp địa được xác định theo biểu thức

$$R_{cọc} = \frac{k_{coc}\rho_o}{2\pi.l}(\ln\frac{2l}{d} + \frac{1}{2}\ln\frac{4h_{tb} + l}{4h_{tb} - l}) =$$

$$= \frac{1,5.0,75}{2.3,14.250}(\ln\frac{2.250}{6} + \frac{1}{2}\ln\frac{4.200 + 250}{4.200 - 250}) = 31,72\ \Omega$$

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 m

Khoảng cách trung bình giữa các cọc là l_a = L/n = 22/8 = 2,75 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 η_{coc} = 0,58 và của thanh nối là η_{nga} = 0,36 (bảng 49.pl)[1]

Chọn thanh nối tiếp địa bằng thép có kích thước bxc = 50x6 cm. Điện trở tiếp xúc của thanh nối ngang

$$R_{nga} = \frac{k_{nga}.\rho_0}{2\pi.L}\ln\frac{2.L^2}{b.h} = \frac{2.0,75.10^4}{2.3,14.2200}\ln\frac{2.2200^2}{5.75} = 11,03\ \Omega$$

Điện trở thực tế của thanh nối có xét đến hệ số lợi dụng η_{nga} là

$$R'_{nga} = \frac{R_{nga}}{\eta_{nga}} = \frac{11,03}{0,36} = 30,64\ \Omega$$

Điện trở cần thiết của hệ thống tiếp địa nhân tạo có tính đến điện trở của thanh nối ngang là

$$R'_{nt} = \frac{R'_{nga}.R_{n.t}}{R'_{nga} - R_{n.t}} = \frac{30,64.4}{30,64 - 4} = 4,6\ \Omega;$$

Số lượng cọc chính thức là

$$n_{ct} = \frac{R_{coc}}{\eta_{coc}.R'_{nt}} = \frac{31,72}{0,58.4,6} = 11,89 \text{ cọc chọn } n_{ct} = 12 \text{ cọc.}$$

Kiểm tra độ ổn định nhiệt của hệ thống tiếp địa

$$F_{min} = I_{k1}^{(1)}\frac{\sqrt{t_k}}{C_t} = 1232.\ \frac{\sqrt{0,5}}{74} = 11,77 < S_{tn} = 50.3 = 150\ mm^2$$

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 $\sum V$ = 337,43 triệu đồng;

* Tổng giá thành có tính đến công lắp đặt

$$V_{\Sigma} = k_{ld}\sum V = 1,1.\ 337,43 = 371,173 \text{ triệu đồng}$$

* Giá thành một đơn vị công suất đặt

$$g_d = \frac{\sum V}{S_d} = \frac{371,173}{200}.10^6 = 1,856.10^6 \text{ đ/kVA}$$

Chi phí vận hành hàng năm

$$C_{vh} = k_{0\&M}.V_{\Sigma} = 0,02.371,173.\ 10^6 = 7,42.10^6 \text{ đ}$$

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, 10^3đ	V, 10^6đ
1	Trạm biến áp	2.TM100/10	Cái	1	196,6.10^3	196,60
2	Cầu chảy cao áp	ПК-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	Aptômat tổng	SA403-H	Cái	1	5500	5,50
16	Aptômat tổng	SA403-H	Cái	1	3500	3,50
17	Aptômat 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	ПМЕ-211	Cái	6	2000	12,00
24	Biến dòng	TKL-0,5	Bộ	3	100	0,30
25	Ampekế	0-200 A	Cái	4	100	0,40
26	Vônkế	0-500 V	Cái	10	110	1,10
27	Công tơ 3 pha		Cái	10	6	0,06
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

$$C_{ht} = g_{ht}.\ \Delta A_{\Sigma} = 0{,}55.19398{,}33 = 10{,}67.10^6\ đ$$

$$p = \frac{1}{T_n} + k_{kh} = \frac{1}{10} + 0{,}036 = 0{,}136$$

(các giá trị $k_{O\&M}$ và k_{kh} lấy theo phụ lục bảng 5.pl [1])

* Tổng chi phí quy đổi

$$Z_{\Sigma} = p\,V_{\Sigma} + C_{ht} + C_{vh} = (0{,}136.\ 371{,}173 + 10{,}67 + 7{,}42).10^6 = 68{,}57.10^6 đ./năm.$$

* Tổng chi phí trên một đơn vị điện năng

$$g = \frac{Z_{\Sigma}}{A} = \frac{68{,}57}{700179}.10^6 = 97{,}94\ đ/kWh.$$

9. PHÂN TÍCH KINH TẾ TÀI CHÍNH

Trước hết ta xác định sản lượng điện bán ra ở năm đầu:

$$A_{b1} = S_1.T_M = 159{,}19.3750 = 648825{,}42\ kWh;$$

Lượng điện năng tổn thất:

$$\Delta A_1 = \Delta A\%.\ A_1 = 0{,}0277.648825{,}42 = 17972\ kWh;$$

Điện năng mua vào:

$$A_{m1} = A_{b1} + \Delta A_1 = 648825{,}42 + 17972 = 666798\ kWh;$$

Chi phí mua điện: 666,473

$$C_{m1} = A_{m1}.c_m = 666798.\ 420.\ = 280{,}06.10^6 đ,\ \text{hay } 279{,}92\ tr.đ.$$

Để đơn giản ta lấy đơn vị tính là triệu đồng (tr.đ.)

Doanh thu:

$$B_1 = A_{b1}\ .\ c_{b1} = 648825{,}42.\ 550 = 356{,}85.\ tr.đ.$$

Chi phí vận hành hàng năm:

$$C_{vh} = k_{O\&M}.V_{\Sigma} = 0{,}02.\ 371{,}173 = 7{,}42\ tr.đ.$$

Chi phí khấu hao

Năm thứ nhất: $C_{kh.1} = k_{kh}.\ V_{\Sigma} = 0,036.\ 371,173 = 13,36$ tr.đ.

Tổng chi phí không kể khấu hao năm thứ nhất.

$$C_{m\&vh1} = C_{m.1} + C_{vh1} = (280,06+= 7,42) = 287,48.\ \text{tr.đ.}$$

Dòng tiền trước thuế

$$T_{1\ .1} = B_1 - C_{m\&vh1} = (356,85- 287,48) = 69,38 \text{ tr.đ.}$$

Lãi chịu thuế:

năm thứ nhất: $L_{lt1} = T_1 - C_{kh} = 69,38 - 13,36 = 56,01$ tr.đ.

Thuế lợi tức: $t_{lt1} = L_{lt}.s = 56,01.\ 0,15 = 8,4$ tr.đ.

Tổng chi phí toàn bộ:

$$C_{\Sigma 1} = C_{m1} + C_{vh1} + C_{kh1} + t_{lt1} = 279,92 + 7,42 + 13,36 + 8,44 = 309,24 \text{ tr.đ.}$$

Dòng tiền sau thuế:

$$T_2 = T_1 - t_{lt} = 69,38 - 8,4 = 60,97 \text{ tr.đ.}$$

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

Giá trị lợi nhận quy về hiện tại

$$L_{ht} = T_2\ .\ \beta_1 = 60,97.\ 0,91 = 55,43 \text{ tr.đ.}$$

Tổng chi phí quy về hiện tại

$$C_{\Sigma 1}.\beta_1 = 309,24.0,91 = 281,13 \text{ tr.đ.}$$

Tổng doanh thu quy về hiện tại

$$B_1.\beta_1 = 356,85.0,91 = 324,41 \text{ tr.đ.}$$

Tính toán tương tự cho các năm khác, kết quả ghi trong bảng 3.12.

NPV = 181,2 tr.đ

R = B/C = 3198,61/2747,87 = 1,16;

Khi i = 17 thì NPV = 4,1 và khi 1 = 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							
		$A_h, 10^3$	A_m. 10^3	ΔA. 10^3	B	C_m	$C_{m\&vh}$	T_1	L_{dt}
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_h	C_Σ	T_2	β'	$C_\Sigma \beta'$	B,β^t	$T_2 \beta^t$	$T_2 \beta^t$ (i=17)	$T_2 \beta'$ (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

Khi $t_n = 8$ thì $NPV = \sum_{t=0}^{8} T_2\beta^t = -10,51$ tr.đ

và khi t = 9 thì $NPV = \sum_{t=0}^{9} T_2\beta^t = 22,8$ tr.đ.

Thời gian thu hồi vốn

$$T = t_n + \frac{-\sum_{t=0}^{tn} T_2\beta^t}{\sum_{t=0}^{tn+1} T_2\beta^t + \left|\sum_{t=0}^{tn} T_2\beta^t\right|} = 8 + \frac{10,51}{22,8 + 10,51} = 8,32 \text{ năm}$$

Bảng 3.13. Các chỉ tiêu kinh tế tài chính cơ bản của công trình điện

NPV	IRR	B/C	T
181,2 tr.d.	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 kW;

1.2. P^n = 72,74 kW; P^d = 147,73 kW; P_{tt} = 147,73 kW;

1.3. Phương pháp k_{nc}: P_{tt} = 50,55 kW;

Phương pháp k_{nM}: P_{tt} = 54,91 kW; sai số giữa 2 phương pháp s = 8,6%

1.4. P^n = 7,89 kW; P^d = 15,3 kW; P_{tt} = 15,3 kW;

1.5. $P_{tưới}$ = 81,6 kW; $P_{tiêu}$ = 190,75 kW;

1.6. S_{tt} = 39,58 ; S_{tb} = 31,38 và $S_{d.nh}$ = 90,1 kVA

1.7. P_{tt} = 122,21 kW; S_{tt} = 135,79 kVA

1.8. P_{tt} = 83,41 kW; S_{tt} = 110,92 kVA; Q_{tt} = 73,12 kVAr

1.9. P_{tt} = 358,46 kW; S_{tt} = 398,28 kVA; Q_{tt} = 173,61 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. $A = (358,07 + 258,29.t + 4,66.t^2).10^3$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	δ %	A_{dbi},	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; ε_{tt} = 0,161 < 0,2 đảm bảo độ tin cậy.

1.14. $P_t = \dfrac{2626200}{875,4 + 2124,6.e^{-0,063.t}}$; sai số s% = 7,28%; P_{2015} = 1684,48 W/hộ

Chương 2- Tính toán kinh tế – kỹ thuật

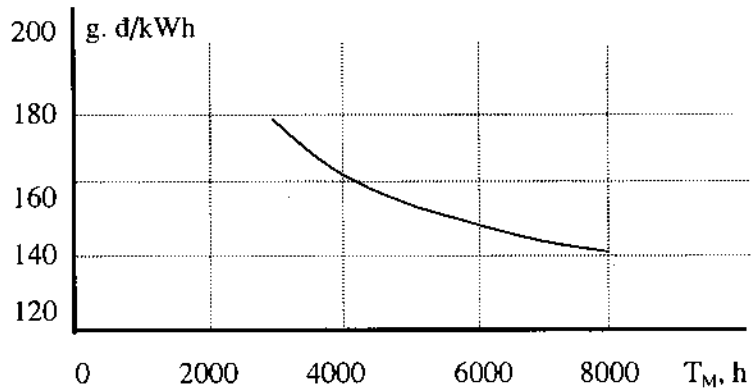
2.1. $Z_1 = 1853.10^6$ đ; $Z_2 = 1741,07.10^6$ đ; T = 12,47 như vậy phương án 2 kinh tế hơn.

2.2. $Z_{\Sigma 1} = 2857,95.10^6$; $Z_{\Sigma 2} = 2870,57.\ 10^6$ đ, tuy nhiênsự chênh lệch ΔZ = 0,4% do đó có thể coi 2 phương án tương đương nhau về kinh tế

2.3. $Z_{\Sigma 1} = 1455,86.10^6$; $Z_{\Sigma 2} = 1573,25.\ 10^6$ đ, sự chênh lệch ΔZ = 8,06% do đó có thể nói phương án 1 kinh tế hơn

2.4. a, g = 161,23 đ/kWh;

b,



2.5. a = $60,267.10^6$ đ/km; b = $1,787.10^6$đ/km.mm^2

2.6. a = $75,89.10^6$ đ/km; b = $0,866.10^6$đ/km.mm^2

m = $14,73.10^6$ đ; n = $0,116.10^6$đ/kVA

m = $18,75.10^6$ đ; n = $0,124.10^6$đ/kVA

m = $22,54.10^6$ đ; n = $0,136.10^6$đ/kVA

j_{kt} = 1,06 A/mm^2

V = $(43,66 + 0,79.F).10^6$; j_{kt} = 0,87A/mm^2

2.12. V = $(25,44 + 0,244.F).10^6$; j_{kt} = 0,49A/mm^2

U_{tt} = 27,77 kV chọn U = 22 kV

NPV = 42510. 10^6đ. B/C = 1,39; IRR = 31,69; T = 2,22 năm.

Chương 3- Mạng điện

3.1: R = 13,93 Ω ; X = 16,48 Ω

3.2: R = 7.88Ω ; X = 11.55Ω

3.3: R = 21Ω ; X = 34,5Ω; B = 212,55 S;

3.4: R = 19,95Ω ; X = 39,88Ω; B = 256,78 S;

3.5: R = 27,07Ω ; X = 72,07Ω; B = 396,92 S; G = $31,333.10^3$ S;

3.6: R = 28,77Ω ; X = 62,84Ω; B = 337,82 S; G = 4334,86 S;

3.7. x_0 = 0,331

3.8: R = 1,36Ω ; X = 11,41Ω; B = $202,3.10^6$ S; G = $19,56.10^6$ S;

3.9: $R_1 = R_2 = R_3$ = 10,67Ω ; X_1 = 209,85; X_2 = 122,01; X_3 =-4,88 Ω; B = $23,56.10^6$ S; G = $2,39.10^6$ S;

3.10: $R_1 = R_2$ = 1,98Ω ; R_3 = 2,22 Ω ; X_1 = 56,87; X_2 = -1,32; X_3 = 33,06Ω; B = $13,23.10^6$ S; G=$2,33.10^6$ S;

3.11: ΔU =396,11 V; ΔU% = 3,45%

3.12: ΔU = 1206,88 V; ΔU% = 2,6%

3.13: ΔU_{AB} = 277,73 V; ΔU_{AC} = 282,23 V; ΔU_{OA} = 284,35 V ΔU_{Σ} = 566,58V

ΔU% = 5,67%

3.14. ΔU_C = 9,1 V; ΔU_{max}% = 4,1%

3.15. ΔU_{CA} = 265 V; ΔU_{max}% = 1,2%

3.16: ΔU_{BA} = 454,62 V; ΔU% = 4,55%

3.17: ΔP = 7,02 kW; ΔQ = 8,5 kVAr ; ΔA = 24704 kWh

3.18: ΔP = 1264,88 kW; ΔQ = 4186 kVAr ; ΔA = 95,8 MWh

3.19: ΔU_{dd} = 220 V; ΔU_{BA} = 310 V ; ΔU_{Σ} = 530V ; ΔU_{Σ} = 5,05%

3.20. F = 87 mm^2 chọn dây A-95

3.21. Phương pháp 1- hao tổn điện áp cho phép: F = 94,1 mm^2 chọn dây A-95;

Phương pháp 2- chi phí kim loại màu cực tiểu: F_{ab} = 94 mm^2 chọn dây A-95;

F_{bc} = 61,3mm^2 chọn dây A-70

Phương pháp 3- phân nhánh: F_{ab} = 104 mm^2 chọn dây A-95; F_{bc} = 61 mm^2 chọn dây A-70

Phương pháp 4- mật độ dòng điện không đổi: F_{ab} = 111,4 mm^2 chọn dây A-120;

F_{bc} = 48 mm^2 chọn dây A-50

22. F = 274,36 mm^2 chọn dây ACO-300

3. 23. F_1 = 239,7 mm^2 chọn dây ACO-300; F_2 = 99 mm^2 chọn dây ACO-120

3. 24. F_1 = 144,6 mm^2 chọn dây ACO-150; F_2 = 44,3 mm^2 chọn dây AC-50

3. 25. F_{0A} = 145,73mm^2 chọn dây ACO-150; F_{AB} = 94,41 mm^2 chọn AC-95;

F_{AC} = 46,62 mm^2 chọn dây AC-50

3. 26. F = 33,53mm^2 chọn dây M-35;

F_{0A} =28,69 mm^2 chọn dây A-35; F_{AB} = 7,26 mm^2 chọn A-10; F_{AC} = 5,94 mm^2 chọn dây A-6

3.28. ΔU = 24,75%

Chương 4 –Trạm biến áp

4. 1. X = 30,84 Y = 28,45 km ;

4. 2. X = 0,32 Y = 0,35 km;

4. 3. Chọn 2 máy biến áp công suất 2 x 250 kVA với tổng chi phí tính toán Z=48,08.10^6 đ/năm;

4.4. Chọn 2 máy biến áp công suất 2 x 180 kVA với tổng chi phí tính toán

Z = 31,97 .10^6 đ/năm;

4.5. Chọn 2 máy biến áp công suất 2 x 180 kVA với tổng chi phí quy về hiện tại PVC = 186,41.10^6 đ.

4.6. Chọn 2 máy biến áp công suất 2 x 250 kVA với tổng chi phí quy về hiện tại PVC = 256,39.10^6 đ.

Chương 5 – Tính toán ngắn mạch

5.1. $I_{k1}^{(3)}$ = 1,468 kA; i_{xk1} = 2,534 kA; I_{xk1} = 1,538 kA; S_{k1} = 292,495 MVA

$I_{k2}^{(3)}$ = 1,485 kA; i_{xk1} = 2,352 kA; I_{xk1} = 1,506 kA; S_{k1} = 56,575 MVA.

5.2. $I_{k1}^{(3)}$ = 9,85 kA; i_{xk1} = 25,074 kA; I_{xk1} = 14,972 kA; S_{k1} = 179,135 MVA

5.3. $I_{k1}^{(3)}$ = 1,506 kA; i_{xk1} = 3,839 kA; I_{xk1} = 2,289 kA; S_{k1} = 299,91 MVA

$I_{k2}^{(3)}$ = 1,677 kA; i_{xk1} = 4,275 kA; I_{xk1} = 2,548 kA; S_{k1} = 18,295 MVA.

5.4. $I_k^{(3)}$ = 4,37 kA; i_{xk} = 11,124 kA; I_{xk} = 6,642 kA; S_k = 79,437 MVA

5.5. $I_k^{(3)}$ = 3,05 kA; i_{xk} = 7,75 kA; I_{xk} = 4,63 kA; S_k = 55,39 MVA

5.6. $I_k^{(3)}$ = 0,357 kA; i_{xk} = 0,907 kA; I_{xk} = 0,542 kA; S_k = 71,035 MVA

5.7. $I_k^{(3)}$ = 5,1 kA; i_{xk} = 13 kA; I_{xk} = 7,75 kA; S_k = 92,746 MVA

5.8. a, $I_{k1}^{(3)}$ = 0,15 kA; $I_{k2}^{(3)}$ = 0,29 kA;

b, $I_{k1}^{(3)}$ = 0,154 kA; $I_{k2}^{(3)}$ = 3,29 kA;

5.9. $I^{(3)}_{k1}$ = 3,6 kA; S_{k1} = 717 MVA

$I^{(3)}_{k2}$ = 4,9 kA; S_{k2} = 103 MVA

$I^{(3)}_{k2}$ = 0,49 kA; S_{k3} = 10,4 MVA

5.10. $I_k^{(3)}$ = 0,845 kA; i_{xk} = 1,434 kA; I_{xk} = 0,921 kA; S_k = 0,556 MVA

Dòng ngắn mạch 1 pha $I_k^{(1)} = 79\ A$

5.11. $I_k^{(3)}$ = 1,104 kA; i_{xk} = 1,874 kA; I_{xk} = 1,2 kA; S_k = 0,727 MVA

Dòng ngắn mạch 1 pha $I_k^{(1)} = 149\ A$

5.12. $I_k^{(3)}$ = 206,44 A; i_{xk} = 350,33 A; I_{xk} = 225 kA; S_k = 136 kVA

Dòng ngắn mạch 1 pha $I_k^{(1)} = 60\ A$

Chương 6 – Chọn thiết bị điện

6.1. F = 347,29 mm^2 , F_c = 60x6 mm^2; F_{min} = 49,15 mm^2; σ_{tt} = 23,5 kG/cm^2

6.2. F_1 = 63,62 mm^2, Chọn AC- 70; F_2 = 212,1 mm^2 , chọn 50x6 mm^2,

F_{min1}=18,25< 70mm^2; F_{min2}=82,03 < 300mm^2; σ_{tt} = 635,4 <700 kG/cm^2

6.3. I_{hc} = 158 A , Chọn cáp đồng tiết diện 35 mm^2; F_{min} = 10,83 mm^2

6.4. Máy cắt dầu BM-35 và dao cách ly PH□(3)-35/630

6.5. X_{nkd} = 0,12; U_{nkd} = 35 kV; I_{nkd} = 1,5 kA

6.6. I_{k1} = 13,97 kA; I_{k2} = 10,8 kA;

Máy cắt BMП-10; dao cách ly PBP(3)-□-10/2000;

Thanh cái đồng 10 kV F = 50x5 mm^2; Thanh cái đồng 0,4 kV F = 50x6 mm^2;

Sứ đỡ ОФ-10-750

Biến dòng 10 kV loại TB□M-10; biến dòng 0,4 kV loại TKM-0,5

Aptomat loại ABM10H có I_n = 1000 A

6.7. F_n = 225 mm^2 chọn thanh cái nhôm 10 kV kích thước 50x6 mm^2;

Lực tính toán f = 27,17 kG, chọn sứ đỡ Oϕ-10-375

Máy cắt: I_{lv} = 118,77 A, B_n = 116,9 kA^2.c

ВМГ-10; dao cách ly PBP(3)-□-10/2000;

Biến dòng 10 kV loại 4MA72

6.8. I_{kd} = 274 A chọn cầu chảy ПР-2 có I_n = 350 A;

a. Cầu chảy bảo vệ được dây cáp, vì dòng 115,5 < I_{cp}= 15A

b. Cầu chảy không bảo vệ được dây cáp, vì 437,5 > I_{cp}= 150A.

Dòng khởi động I_{kd} = 431,11A; Chọn aptomat SA603-H của Nhật có I_n = 500A hoặc aptômat A3144 của Nga có I_n = 600A.

Chương 7 – Bảo vệ rơle

7.1. I_{Role} = 7 A; $I_{kd.bv}$ = 280 A; k_{nh} = 2,98;

7.2. I_{Role} = 7 A; $I_{kd.bv}$ = 840A; k_{nh} = 1,66;

7.3. I_{Role} = 10,5 A; $I_{kd.bv}$ = 210A;

7.4. I_{Role} = 25,6 A; $I_{kd.bv}$ = 512A;

7.5. Bảo vệ dòng cực đại: I_{Role} = 7 A; $I_{kd.CD}$ = 874A; k_{nh} = 2,35;

Bảo vệ cắt nhanh: I_{Role} = 23 A; $I_{kd..CN}$ = 2760A; Dòng ngắn mạch tối thiểu I_k = 5,52 kA;

7.6. Bảo vệ dòng cực đại: I_{Role} = 5 A; $I_{kd.CD}$ = 400A; k_{nh} = 3,39;

Bảo vệ cắt nhanh: I_{Role} = 23,5 A; $I_{kd..CN}$ = 1880A;

Dòng ngắn mạch tối thiểu I_{kmin} = 3,76 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 rơle	$I_{kd.R}$	5,49	5,15	7
Dòng đặt của rơle	I_R	5,5	5,5	7
Dòng kđ 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 kA; I_{k2} = 2,08 kA; I_{Role} = 7 A; $I_{kd.bv}$ = 560A; k_{nh} = 3,23;

$I_{cc} = 224,38 < I_{t.BI} = 400$

$I_{k1} = 9,7$ kA; $I_{k2} = 1,54$ kA; $I_{Role} = 23$ A; $I_{kd..bv} = 1840$A;

$k_{nh} = 2$ đối với dòng ngắn mạch $I_k = 3,68$ kA; $I_{cc} = 291 < I_{t.BI} = 400$

7.10., $I_{Role} = 1$ A; $I_{kd..bv} = 80$A; $k_{nh} = 9,47$;

7.11, $I_{Role} = 4,5$ A; $I_{kd..bv} = 720$A; $k_{nh} = 2,59$;

7.12, $I_{Role} = 7,5$ A; $I_{kd..bv} = 3464$ A; $k_{nh} = 5,58$;

7.13, $I_{Role} = 16$ A; $I_{kd..bv} = 1847,52$ A; $k_{nh} = 3,26$;

7.14, Bảo vệ so lệch máy phát: $I_{Role} = 12,5$ A; $I_{kd..sl} = 288,67$ A; $k_{nh} = 5,57$;

Bảo vệ máy biến áp: - So lệch: $I_{Role} = 1,5$ A; $I_{kd..sl} = 450$ A; $k_{nh} = 2,69$;

$\omega = 1$vòng.

- Cắt nhanh: : $I_{Role} = 6$ A; $I_{kd..CN} = 1800$ A;
- Quá tải: : $I_{Role} = 1,2$ A; $I_{kd..qt} = 360$ A;

Bảo vệ máy biến áp tự dùng: dòng khởi động của cầu chảy $I_{kd..CC} = 7$ A;

Chương 8 –Bảo vệ chống quá điện áp

8.1, $r_x = 8,22$ m

8.2, $r_x = 7,97$ m

8.3, $r_x = 9,03$ m; $2b_x = 11,82$ m; $h_0 = 22$ m

8.4, $r_x = 7,03$ m; $2b_x = 7,62$ m; $h_0 = 30,69$ m

8.5, Phương án 1 cần xây dựng cột thu lôi với chiều cao là h = 21,55 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 = 2x 7,25 = 14,5 < 21,55 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 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 = 2x 7,48 = 14,96 < 35,18 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 m so với bề mặt

nóc nhà: r_x = 2,57m; h_{01} = 20,07; h_{02} = 21,91; b_{x1} = 0,12; b_{x2} = 2 m ; h_{Σ} = 12 m

Pa.2 Dùng 6 cột thu lôi cao 1,5 m xây dựng theo 2 dãy:

r_x = 1,32 m ; h_{01} = 20,14; h_{02} = 21,6; b_{x1} = 0,21; b_{x2} = 0,65 m ; h_{Σ} = 9,6 m

Vậy phương án 2 có hiệu quả kinh tế cao hơn

8.8, r_x = 3,52m; h_{01} = 20,35; h_{02} = 20,41; b_{x1} = 2,94; b_{x2} = 2,97 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 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 h.

9.2, a, Xác suất chất lượng p_{cl}= 0,639; thời gian chất lượng: t = 15,33 h.

b, Xác suất chất lượng p_{cl}= 0,342; thời gian chất lượng: t = 8,22 h.

9.3, Xác suất chất lượng p_{cl}= 0,656; thời gian chất lượng: t = 15,75 h.

9.4, Xác suất chất lượng p_{cl}= 0,441; thời gian chất lượng: t = 10,56 h.

9.5, ΔU = 24,95V; p_{cl} = 0,232

9.6, ΔU = 25,66V; 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 kV; U_{pa}% = - 2,63% chọn nấc - 2,5%

9.12, U_{pa} = 36,15 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 kVAr, chọn tụ bù tĩnh loại KKY-0,38-I có Q = 80 kVAr;

9.17, Q_f = 20,4 kVAr, chọn 7 tụ bù dọc loại КПМ 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} = DDTC

Chương 10 - Độ tin cậy cung cấp điện

10.1, p = 0,526; q = 0,474; t_l= 12,16 h; t_p = 1,555; k_d = 0,338; A_{th} = 900 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 kWh;

10. 6. $Y_1 = 0,294.10^6$; $Y_2 = 20,07.10^6$; $Y_3 = 0,203.10^6$; $Y_{\Sigma} = 20,567.10^6$ đ.;

10.7. Đặt 1 cơ cấu phân đoạn sau điểm nút 1; hiệu quả phân đoạn E_l=1615,36.10^3đ;

hiệu quả kinh tế $E_{kt} = 60,36.\ 10^3$đ.

Chương 11 – Chế độ làm việc kinh tế

11.1, ΔP = 16,52 kW

11.2, ΔP = 6,01 kW;

11.3, ΔA_1 = 62,8 kWh; ΔA_2 = 65,1 kWh; ΔA_3 = 73,2 kWh; s = 3,66%

11.4, ΔA_d = 204,62 kWh; ΔA_{cu} = 307,48 kWh; ΔA_{lc} = 123,57 kWh; ΔA_{Σ} = 635,67; $\Delta A_{\Sigma}\%$ = 4,65%

11.5, S_{gh1} = 3,44 MVA và S_{gh2} = 12,85 MVA

11.6, S_{gh1} = 11,24 MVA và S_{gh2} = 19,48 MVA; S_{gh3} = 27,55 MVA;

11.7, Q_C = 79,45 kVAr;

11.8, Q_C = 45 kVAr

11.9, Q_b = 43,54kVAr; chọn tụ có công suất Q_C = 40 kVAr

11.10, Q_{b1} = 42 kVAr; Q_{b2} = 7,8 kVAr; chọn tụ Q_{C1} = 40 kVAr; Q_{C2} = 10 kVAr;

11.11, Q_{b1} = 77,34 kVAr; Q_{b2} = 46,25 kVAr; Q_{b3} = 26,40 kVAr.

11.12. $\Delta K = 1345,57.10^3$ đ.

11.13. $P_1 = 345,26$ MW; $P_2 = 304,74$ MW; $T = 50,41.10^6$đ/h;

11.14.

Tổ máy	1	2	3	4	Σ
P, MW	90,028	77,593	83,904	98,476	350
Z, 10^6 đ/h	11,776	11,323	12,088	13,150	48,337

11.15. $P_1 = 91,19$ MW; $P_2 = 105,61$ MW; T = 284,42. TOE/h;

11.16. $P_1 = 328,39$ MW; $P_2 = 163,61$ MW; T = 447,923. TOE/h;

Chương 12 – Kỹ thuật chiếu sáng

12.1. $E_1 = 64,32$ lx; $E_2 = 34,02$ lx; $L_p = 8,12$ cd/m^2 ; $I_c = 2600$ cd/m^2

12.2. $E_1 = 56$ lx; $E_2 = 31,26$ lx; $L_p = 7,46$ cd/m^2 ; $I_c = 1245,22$ cd/m^2

12.3. $E_1 = 528,54$ lx; $E_2 = 82,79$ lx; $L_p = 17,32$ cd/m^2;

12.4. $E_1 = 95,51$ lx; $E_2 = 13$ lx; $L_p = 2,69$ cd/m^2;

12.5. $E_p = 47,92$ lx; $E_q = 32,77$ lx;

12.6. $E_p = 81,39$ lx; $E_q = 51,6$ lx;

12.7. $E_p = 78,05$ lx; $E_q = 52,91$ lx;

12.8. $E_p = 90,87$ lx; $E_q = 55,54$ lx;

12.9. $E_p = 90,63$ lx; $E_q = 57,39$ lx;

12.10. $E_p = 74,68$ lx; $E_q = 54,38$ lx;

Chương 13 – An toàn điện

13.1. $I_{ng} = 146,67$ mA

13.2. $I_{ng} = 9,73$ mA

$R_{cd} = 18,6$ kΩ

$I_{ng} = 23,66$ mA

a, $I_{ng} = 19,13$ mA, b, 33,13 mA

$R_{dc} = 53,28$ Ω, Số cọc n = 20, $F_{min} = 8,6$ mm^2

$R_{dc} = 36,67$ Ω, Số cọc n = 5, $F_{min} = 8,6$ mm^2

$U_{tx1} = 40,18$ V, $U_{tx2} = 100,45$V, X = 0,23 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

Bảng 1.pl.BT. Giá trị hệ số tham gia vào cực đại k^{i}_{tt} 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}	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	> 0.8
k_{n}	3	3.5	4	5	6.5	8	10	K^{n} g.hạn

Bảng 3.pl.BT. Giá trị hệ số công suất cosφ phụ thuộc vào tỷ lệ P^{n}/P^{d}

P^{n}/P^{d}	<0.35	0.6	0.85	1.15	1.4	> 1.4
$\cos\varphi^{n}$	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 lồi	1.95	1.68
Đầu ra của máy phát có cuộn cản	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_t của một số vật liệu cho trong bảng sau

TT	Vật liệu	$\theta_{cp} = \theta_d$ °C	θ_{cd} °C	C_t
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 polyvinhin	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 (0°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	Ngắn hạn	Nhẹ
Giá trị của α_m	1.6	2	2.5

Bảng 13.pl.BT. Giá trị của bội số dòng điện cho phép k_{bv}

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 hoả hoạn	Nơi đặt bình thường		
Dòng định mức dây chảy	1,25	1	1	0,3
Dòng kđ của Apt. chỉ có bộ phận tác động nhanh	1.25	1	1	0,22
Dòng đ.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_b%	Các phần tử	X, Ω/km	v_o%/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.cắt*	*MC*
$\lambda.10^{-3}$	50	43	30	350	80	80	50	15	20	50	65	7
t_p,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, 10^3đ	6395	7485	6680	7545	11050
C, 10^3đ	682	557	700	660	976
z, 10^3đ	1450	1555	1500	1566	2300

Bảng 17.pl.BT. Suất thời gian mất điện đẳng trị của các phần tử mạng điện

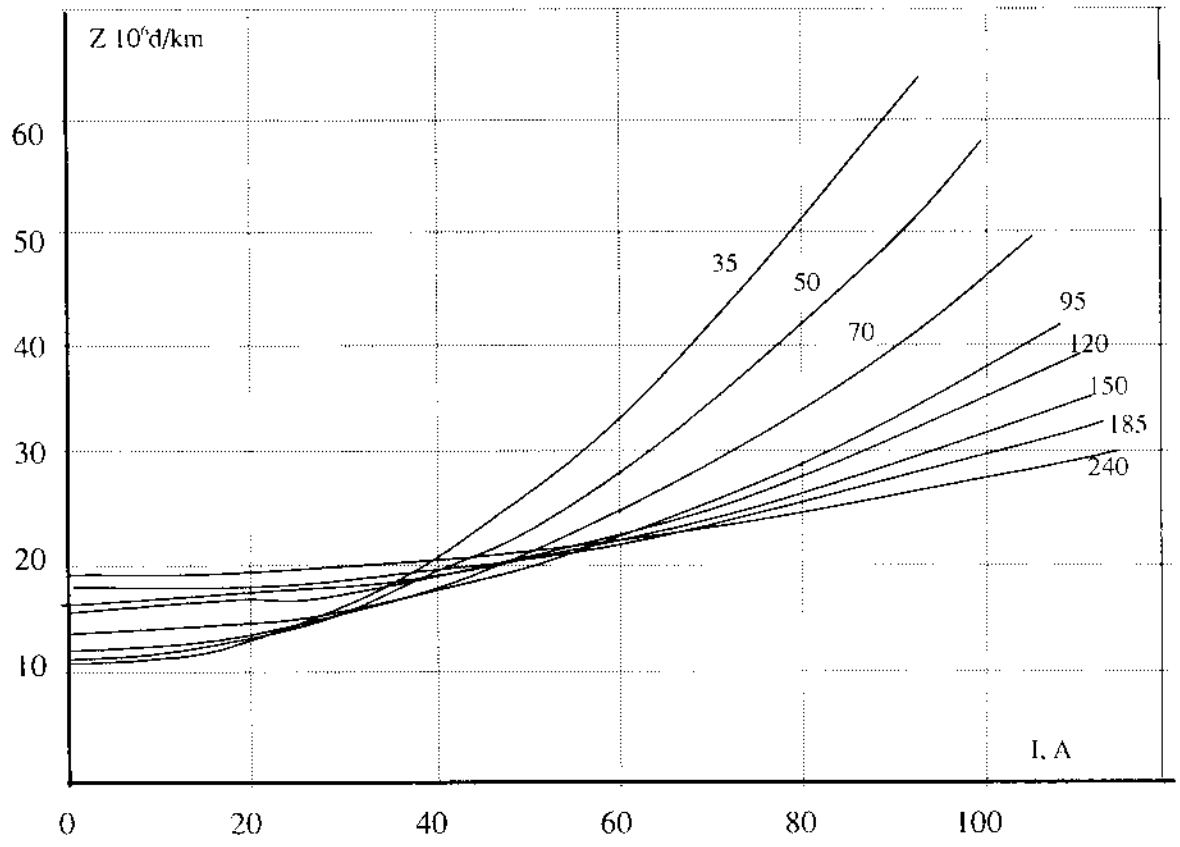
Đường dây, h/km.năm				Trạm biến áp, h/năm	
110 kV	35 kV	10÷22 kV	0,4 kV	T.G	TT
0,5	0,55	0,6	2,5	12	24

Bảng 18.pl.BT. Độ rọi yêu cầu của một số địa điểm chiếu sáng

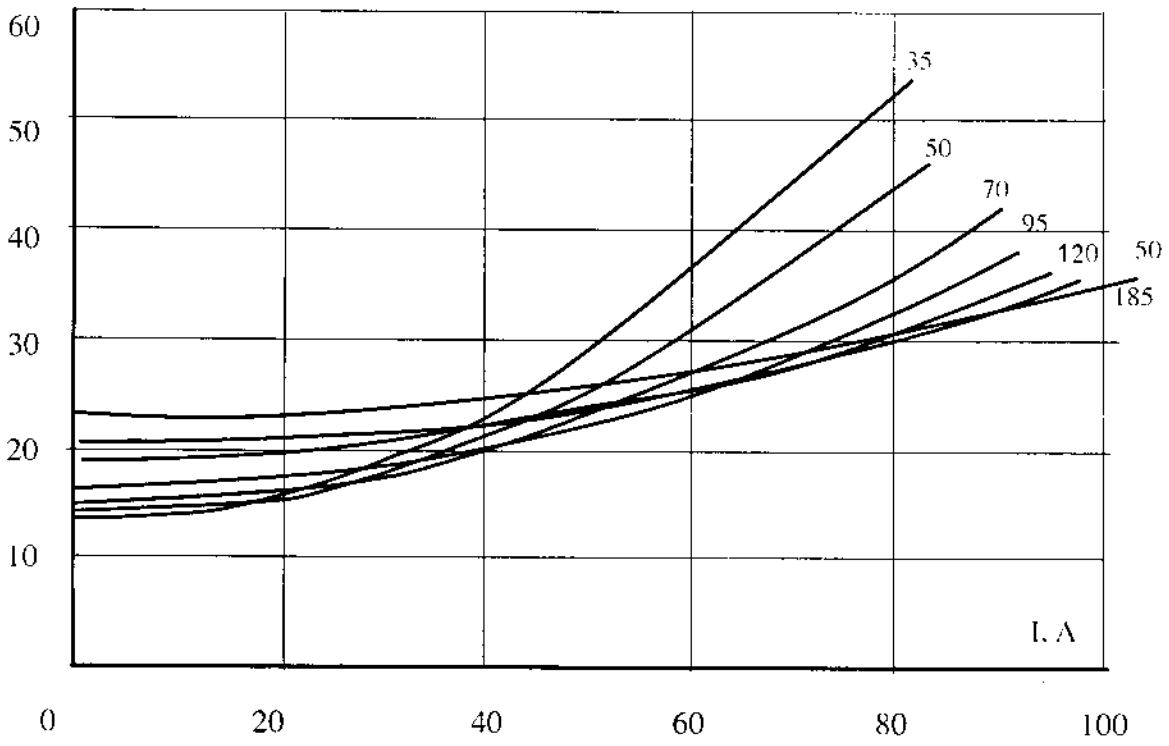
Nội thất chiếu sáng	E_{yc}, lx	Nội thất chiếu sáng	E_{yc}, lx
Văn phòng	150÷200	Phòng đọc	200÷250
Phòng thiết kế, vẽ	250÷300	Giảng đường	200÷250
Phòng chờ	100÷150	Nhà xưởng	50÷100
Hành lang, cầu thang	50÷100	Nhà bếp-	50÷100

Bảng 19.pl.BT. Độ rọi yêu cầu (Theo AFE - Hội chiếu sáng Pháp)

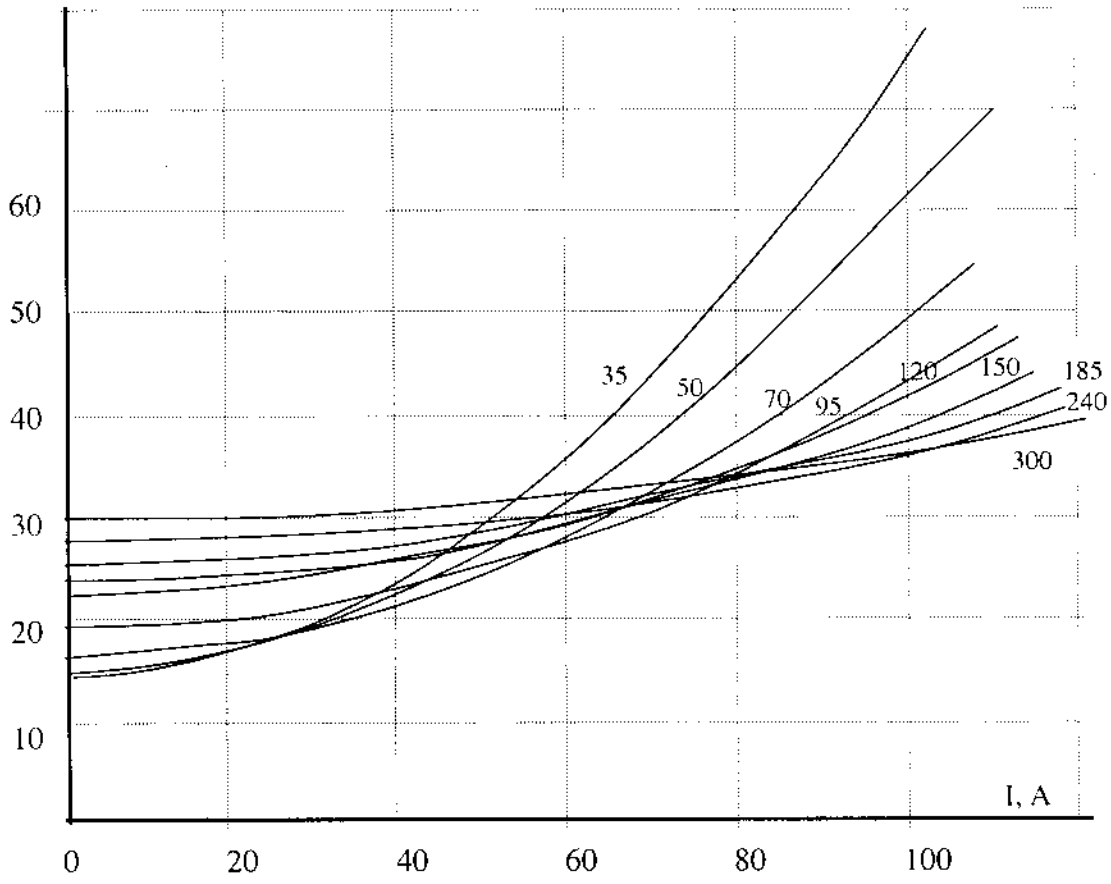
Loại chiếu sáng	E_{yc}, lx	Loại công việc hoặc hoạt động
Chung, nơi hoạt động gián đoạn	20÷30	Tối thiểu cho lối đi bên ngoài
	30÷45	Sân và kho
	50÷75	Bãi xe, lối đi, hành lang
	100	Bến cảng, bến xe, nơi bốc dỡ hàng
	150	Cửa hàng
Chung, nơi làm việc liên tục	200	Tối thiểu khi phải nhìn chi tiết,
	300	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



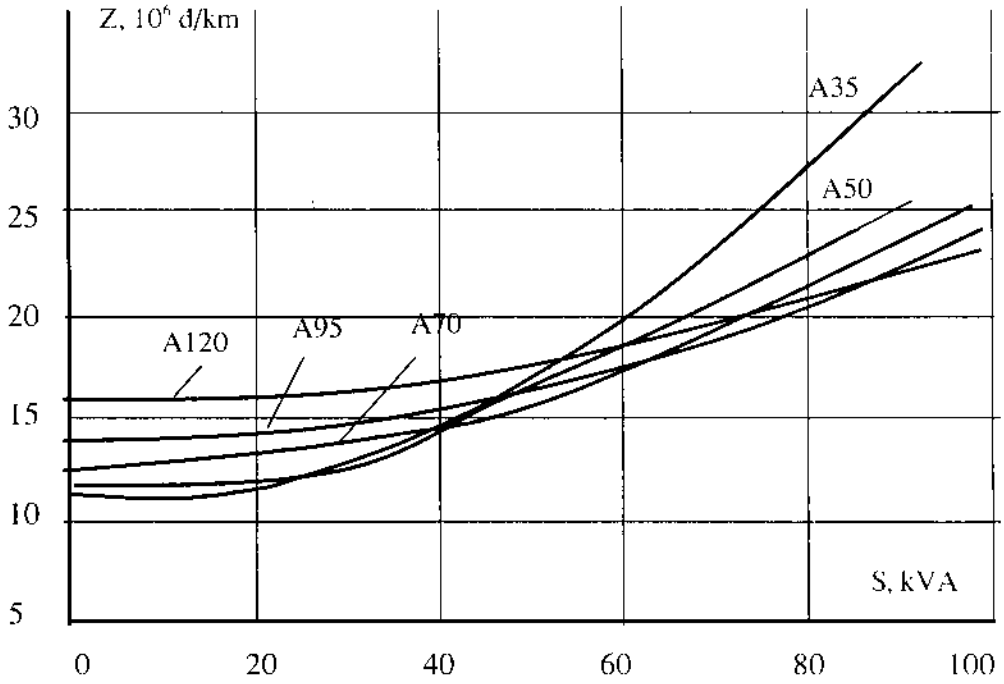
Hình 1.pl. Biểu đồ chi phí tính toán của đường dây 10 kV.



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 HƯNG ĐẠO – HÀ NỘI

In 1000 cuốn, khổ 19 x 27cm, tại Xí nghiệp in NXB Lý luận chính trị
Giấy phép xuất bản số: 1104-41 - 6/12/2004
In xong nộp và lưu chiểu tháng 5 năm 2005

205137

Giá: 75.000đ