

CHƯƠNG VI

TÍNH TOÁN VÀ LỰA CHỌN CÁC PHẦN TỬ TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

1 ĐIỀU KIỆN LỰA CHỌN CÁC PHẦN TỬ HỆ THỐNG

1.1. Tổng quan

Trong điều kiện vận hành các phần tử hệ thống: thiết bị, khí cụ điện, sứ cách điện, các bộ phận dẫn điện khác có thể làm việc trong ba chế độ sau:

- Chế độ làm việc ổn định dài hạn.
- Chế độ quá tải.
- Chế độ ngắn mạch.

Trong chế độ làm việc ổn định dài hạn, các khí cụ điện, sứ cách điện và các bộ phận dẫn điện khác sẽ làm việc với độ tin cậy cao nếu được lựa chọn đúng các thông số điện áp, dòng điện và công suất định mức.

Trong chế độ quá tải, dòng điện qua các phần tử, khí cụ điện sẽ lớn hơn dòng định mức, các phần tử này làm việc với độ tin cậy cao nếu thời gian và giá trị dòng điện quá tải không vượt quá giới hạn cho phép.

Trong chế độ ngắn mạch, các phần tử, khí cụ điện sẽ làm việc đáng tin cậy nếu chọn đúng các thông số theo điều kiện ổn định động và ổn định nhiệt. Khi xảy ra ngắn mạch, để hạn chế các tác hại đến khí cụ điện đôi khi cần phải cô lập hoặc loại bỏ các bộ phận hư hỏng ra khỏi mạng điện.

Ngoài ra, việc lựa chọn các phần tử, các khí cụ điện còn phải thoả mãn các yêu cầu kinh tế-kỹ thuật.

1.2. Lựa chọn thiết bị theo điều kiện làm việc lâu dài

a) Theo điện áp định mức

Điện áp định mức của khí cụ điện được ghi trên nhãn hay trong lý lịch, phù hợp với độ bền cách điện. Các khí cụ này khi chế tạo điều có độ dự trữ về điện, độ bền cách điện nên cho phép làm việc lâu dài với điện áp không cao hơn định mức $10 \div 15\%$ gọi là điện áp làm việc cực đại của khí cụ điện. Điều kiện chọn giá trị điện áp này như sau:

$$U_{\text{đmkcđ}} \geq U_{\text{đmld}} \quad (7.1)$$

Trong đó:

$U_{\text{đmkcđ}}$: Điện áp định mức khí cụ điện, V

$U_{\text{đmld}}$: Điện áp định mức mạng điện, V

Bảng 7.1. Độ lệch điện áp cho phép của một số thiết bị và khí cụ điện

Sứ cách điện 1,15 U_{dm}	Máy biến dòng điện 1,1 U_{dm}
Cáp điện lực 1,1 U_{dm}	Máy biến điện áp 1,1 U_{dm}
Cáp chống sét 1,25 U_{dm}	Cầu chì 1,1 U_{dm}
Dao cách ly 1,15 U_{dm}	Máy cắt điện 1,1 U_{dm}

b) Theo dòng điện định mức

Dòng điện định mức của khí cụ điện do nhà chế tạo quy định và là dòng điện đi qua khí cụ điện trong thời gian lâu dài ổn định với nhiệt độ môi trường xung quanh là định mức. Khí cụ điện được chọn theo dòng định mức đảm bảo các bộ phận không bị đốt nóng đến mức quá nhiệt dẫn tới các mối nguy hiểm trong những trường hợp làm việc lâu dài.

Điều kiện chọn:

$$I_{dmkđ} \geq I_{lvmax} \quad (7.2)$$

Trong đó:

$I_{dmkđ}$: Dòng điện định mức của khí cụ điện, A

I_{lvmax} : Dòng điện làm việc lớn nhất, A

c) Kiểm tra theo dòng điện ngắn mạch

*** Kiểm tra ổn định lực điện động**

Điều kiện kiểm tra:

$$I_{max} \geq i_{xk} \quad (7.3)$$

$$I_{max} \geq I_{xk} \quad (7.4)$$

Trong đó:

I_{max} : Dòng điện làm việc lớn nhất cho phép của khí cụ điện, đặc trưng cho độ ổn định của khí cụ điện.

i_{xk} , I_{xk} : Dòng điện ngắn mạch biên độ và hiệu dụng.

*** Kiểm tra ổn định nhiệt**

Điều kiện kiểm tra:

$$I_{dmnh}^2 t_{dmnh} \geq I_{\infty}^2 t_{qd} \quad (7.5)$$

Hoặc:

$$I_{dmnh} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{qd}}{t_{dmnh}}} \quad (7.6)$$

Trong đó:

I_{dmnh} : Dòng điện ổn định nhiệt định mức ứng với thời gian ổn định định mức

t_{dmnh} : Thời gian ổn định nhiệt định mức

I_{∞} : Dòng điện ngắn mạch ổn định

t_{qd} : Thời gian tác động quy đổi ngắn mạch dùng kiểm tra ổn định nhiệt khí cụ điện

I_{dmnh} và t_{dmnh} do nhà chế tạo cung cấp, thường I_{dmnh} ứng với thời gian 5s, 10s.

2 LỰA CHỌN THIẾT BỊ TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN

2.1. Chọn dao cách ly và cầu chì cao áp

a) Dao cách ly

Dao cách ly có nhiệm vụ tạo ra một khoảng hở cách điện trông thấy được giữa phần có mang dòng điện và máy cắt điện nhằm mục đích đảm bảo an toàn cho nhân viên bảo trì và sửa chữa lưới điện.

Dao cách ly không có bộ phận dập hồ quang nên không được dùng để cắt mạch điện khi đang mang tải. Vì vậy, nếu thao tác nhầm lẫn thì hồ quang điện phát sinh sẽ gây nguy hiểm cho người và thiết bị có liên quan.

Dao cách ly có nhiều loại: một pha, hai pha, ba pha; loại đặt ngoài trời hay trong nhà. Việc đóng-ngắt dao cách ly được thực hiện bằng tay hoặc thông qua hệ truyền động của một động cơ điện.

Bảng 7.2. Điều kiện chọn và kiểm tra dao cách ly

Điều kiện chọn và kiểm tra	Kiểm tra
Điện áp định mức, KV	$U_{dmcl} \geq U_{dmlđ}$
Dòng điện lâu dài định mức, A	$I_{dmcl} \geq I_{lvmax}$
Dòng điện ngắn mạch xung kích cho phép, KA	$I_{dmmax} \geq I_{xk}$
Dòng điện ổn định nhiệt, KA	$I_{dmnh} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{qd}}{t_{dmnh}}}$

b) Cầu chì cao áp

Cầu chì cao áp thường được sử dụng trong mạng điện trung và cao áp để bảo vệ các phần tử như máy biến áp, kết hợp với dao cắt phụ tải trung áp để bảo vệ đường dây.

Cầu chì cao áp thường được đặt phía cao áp của các trạm biến áp phân phối để bảo vệ ngắn mạch máy biến áp.

Bảng 7.3. Điều kiện chọn và kiểm tra cầu chì cao áp

Điều kiện chọn và kiểm tra	Kiểm tra
Điện áp định mức, KV	$U_{dmcc} \geq U_{dm}$
Dòng điện định mức, A	$I_{dmcc} \geq I_{lvmax}$
Dòng điện cắt định mức, KA	$I_{cdm} \geq I_N$
Công suất cắt định mức, MVA	$S_{cdm} \geq S_N$

Cầu chì cao áp được chế tạo theo nhiều chủng loại nhưng phổ biến nhất là loại cầu chì ống. Trong mạng điện trung áp thường sử dụng cầu chì tự rơi (FCO) thay thế cho bộ cầu dao – cầu chì để bảo vệ cho máy biến áp, đường dây.

2.2. Chọn sứ cách điện

Sứ cách điện có tác dụng làm giá đỡ các bộ phận mang điện, cách điện giữa các bộ phận mang điện với đất và giữa các bộ phận mang điện với nhau. Sứ có hai loại là loại sứ đỡ và loại sứ xuyên.

Bảng 7.4. Điều kiện chọn và kiểm tra sứ cách điện

Điều kiện chọn và kiểm tra	Kiểm tra
Điện áp định mức, KV	$U_{dm} \geq U_{dm}$
Dòng điện định mức, A	$I_{dm} \geq I_{lvmax}$

2.3. Chọn cầu dao và cầu chì hạ áp

a) Cầu dao

Trong mạng điện hạ áp, cầu dao thường là loại một pha, hai pha, ba pha với số cực khác nhau như một cực, hai cực, ba cực, bốn cực. Về khả năng đóng cắt thì cầu dao có hai loại:

- *Cầu dao thường*: Sử dụng để đóng cắt không tải hoặc tải nhỏ không đáng kể, cầu dao chỉ làm nhiệm vụ cách ly.
- *Cầu dao phụ tải*: Sử dụng để đóng cắt có tải và làm nhiệm vụ cách ly.

Cầu dao hạ áp được chọn theo hai điều kiện sau:

$$U_{dmcd} \geq U_{dm} \quad (7.7)$$

$$I_{dmcd} \geq I_{tt} \quad (7.8)$$

Trong đó:

U_{dmcd} : Điện áp định mức cầu dao, V

U_{dm} : Điện áp định mức mạng điện, V

I_{dmcd} : Dòng điện định mức cầu dao, A

I_{tt} : Dòng điện tính toán phụ tải, A

Dòng điện tính toán của phụ tải một pha:

$$I_{tt} = \frac{P_{dm}}{U_{dm} \cos \varphi}, A \quad (7.9)$$

Với:

P_{dm} : Công suất định mức phụ tải, W

U_{dm} : Điện áp định mức mạng điện một pha, V

$\cos \varphi$: Hệ số công suất của phụ tải

Các phụ tải đèn dây tóc, lò điện trở, lò nung, bàn ủi điện $\cos \varphi = 1$.

Các phụ tải máy bơm, máy điều hòa nhiệt độ, tủ lạnh, máy giặt $\cos \varphi = 0.8$

Các phụ tải máy vi tính, TV, máy nghe nhạc, dàn Karaoke $\cos \varphi = 0.75$

Dòng điện tính toán của phụ tải ba pha:

$$I_{tt} = I_{dm} = \frac{P_{dm}}{\sqrt{3} U_{dm} \cos \varphi}, A \quad (7.10)$$

Với U_{dm} là điện áp định mức của mạng điện ba pha, V

b) Cầu chì

Trong mạng điện hạ áp, cầu chì được sử dụng để bảo vệ các dụng cụ và thiết bị điện khỏi những ảnh hưởng xấu khi có sự cố ngắn mạch xảy ra.

* Cầu chì bảo vệ mạng điện sinh hoạt, mạng chiếu sáng

Cầu chì được chọn theo hai điều kiện sau:

$$U_{\text{đmcc}} \geq U_{\text{đm}} \quad (7.11)$$

$$I_{\text{dc}} \geq I_{\text{tt}} \quad (7.12)$$

Trong đó:

$U_{\text{đmcc}}$: Điện áp định mức cầu chì, V

$U_{\text{đm}}$: Điện áp định mức mạng điện, V

I_{dc} : Dòng điện định mức của dây chảy, A

I_{tt} : Dòng điện tính toán của phụ tải, A

Ví dụ 1: Tính chọn cầu chì bảo vệ cho khu lớp học biết công suất tính toán là 21,6KW. Mạng điện ba pha điện áp 380V.

Giải:

Dòng điện tính toán của khu lớp học:

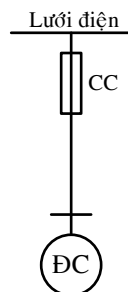
$$I_{\text{tt}} = \frac{P_{\text{tt}}}{\sqrt{3}U_{\text{đm}} \cos \varphi} = \frac{21,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 41\text{A}$$

Tra catalogue cầu chì, chọn cầu chì có dây chảy là 50A.

* Cầu chì bảo vệ mạng điện công nghiệp

Phụ tải chính của mạng điện công nghiệp là các dây chuyền máy móc, thiết bị và hệ thống các động cơ. Cầu chì là loại khí cụ điện bảo vệ tuy rất đơn giản nhưng lại hiệu quả nhất trong mạng điện công nghiệp.

- Cầu chì bảo vệ một động cơ



Hình 7.1 Cầu chì bảo vệ một động cơ

Cầu chì bảo vệ cho một động cơ được chọn theo hai điều kiện sau:

$$I_{\text{dc}} \geq I_{\text{tt}} = k_{\text{t}} I_{\text{đmđc}} \quad (7.13)$$

$$I_{\text{dc}} \geq \frac{I_{\text{mm}}}{\alpha} = \frac{k_{\text{mm}} I_{\text{đmđc}}}{\alpha} \quad (7.14)$$

Cầu chì được chọn từ điều kiện (7.13) và (7.14).

Trong đó:

k_t : Hệ số tải của động cơ

$I_{dmđc}$: Dòng điện định mức động cơ, A

I_{mm} : Dòng điện mở máy động cơ, A

k_{mm} : Hệ số mở máy động cơ do nhà chế tạo động cơ cho, thường $k_{mm} = 5-7$

α : Hệ số có xét đến điều kiện mở máy động cơ, và có giá trị như sau:

- Trường hợp mở máy nhẹ hoặc không tải (máy bơm, máy cắt gọt công cụ, quạt công nghiệp) $\alpha = 2,5$.
- Trường hợp mở máy nặng (cầu trục, cần cẩu, máy nâng hạ, thang máy) $\alpha = 1,6$.

Dòng điện định mức động cơ được tính như sau:

$$I_{dmđc} = \frac{P_{dmđc}}{\sqrt{3}U_{dm} \cos \varphi_{dm} \eta}, A \quad (7.15)$$

Với:

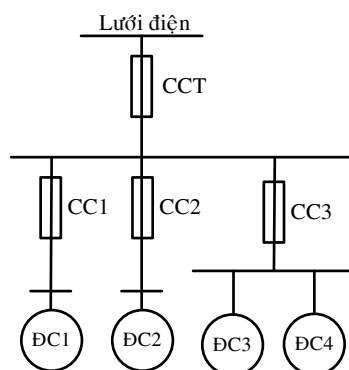
$P_{dmđc}$: Công suất định mức động cơ, W

U_{dm} : Điện áp định mức mạng điện, $U_{dm} = 380V$

$\cos \varphi_{dm}$: Hệ số công suất định mức động cơ

η : Hiệu suất định mức của động cơ

- Cầu chì bảo vệ nhóm động cơ



Hình 7.2 Cầu chì bảo vệ một nhóm động cơ

Thực tế, một cụm hai, ba động cơ công suất nhỏ hoặc một động cơ công suất lớn và hai, ba động cơ công suất trung bình được cấp điện chung một đường dây và được bảo vệ bằng một cầu chì. Cầu chì bảo vệ cho nhóm động cơ phải thỏa đồng thời hai điều kiện:

$$I_{dc} \geq \sum_{i=1}^n k_{ti} I_{dmi} \quad (7.16)$$

$$I_{dc} \geq \frac{I_{mm \max} + \sum_{i=1}^{n-1} k_{ti} I_{dmi}}{\alpha} \quad (7.17)$$

Với α là hệ số xét đến điều kiện mở máy ($\alpha = 1,6-2,5$).

Dây chảy của cầu chì tổng (CCT) được chọn lớn hơn ít nhất hai cấp so với dây chảy của nhánh có dòng lớn nhất.

Ví dụ 2: Tính chọn cầu chì bảo vệ cho nhóm động cơ như hình 7.2 trên. Mạng điện ba pha điện áp 380V, thông số các động cơ cho trong bảng sau:

Động cơ	P_{dm} KW	$\cos \varphi$	K_{mm}	K_t	η
Máy mài (Đ1)	10	0.8	5	1	0.9
Cầu trục (Đ2)	8	0.8	7	1	0.9
Máy phay (Đ3)	10	0.8	5	1	0.9
Máy khoan (Đ4)	4,5	0,8	7	1	0.9

Giải:

Cầu chì CC1:

$$I_{dc} \geq I_{tt} = k_t I_{dm\dot{d}c} = 1 \cdot \frac{10}{\sqrt{3 \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,9}} = 21,125A$$

$$I_{dc} \geq \frac{I_{mm}}{\alpha} = \frac{k_{mm} I_{dm\dot{d}c}}{\alpha} = \frac{5 \cdot 21,125}{2,5} = 42,25A$$

Chọn cầu chì CC1 có dây chảy là 50A.

Cầu chì CC2:

$$I_{dc} \geq I_{tt} = k_t I_{dm\dot{d}c} = 1 \cdot \frac{8}{\sqrt{3 \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,9}} = 16,9A$$

$$I_{dc} \geq \frac{I_{mm}}{\alpha} = \frac{k_{mm} I_{dm\dot{d}c}}{\alpha} = \frac{7 \cdot 16,9}{1,6} = 73,9A$$

Chọn cầu chì CC1 có dây chảy là 100A.

Cầu chì CC3:

$$I_{dc} \geq \sum_{i=1}^n k_{ti} I_{dmi} = 1 \cdot \frac{10}{\sqrt{3 \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,9}} + 1 \cdot \frac{4,5}{\sqrt{3 \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,9}} = 30,625A$$

$$I_{dc} \geq \frac{I_{mm\max} + \sum_{i=1}^{n-1} k_{ti} I_{dmi}}{\alpha} = \frac{I_{mm\dot{D}3} + K_{t4} I_{dm\dot{D}4}}{\alpha} = \frac{5 \cdot 21,125 + 9,5}{2,5} = 46A$$

Chọn cầu chì CC3 có dây chảy là 50A.

Cầu chì CCT:

$$I_{dc} \geq \sum_{i=1}^n k_{ti} I_{dmi} = 1 \cdot (21,125 + 16,9 + 21,25 + 9,5) = 68,65A$$

$$I_{dc} \geq \frac{I_{mm\max} + \sum_{i=1}^{n-1} k_{ti} I_{dmi}}{\alpha} = \frac{I_{mm\dot{D}2} + \sum_{i=1}^3 K_{ti} I_{dm\dot{D}i}}{\alpha} = \frac{7 \cdot 16,9 + (21,125 + 21,125 + 9,5)}{1,6} = 106A$$

Để cầu chì CCT bảo vệ theo điều kiện chọn lọc nên chọn cầu chì CCT3 có dây chảy là 150A.

2.4. Chọn Aptomat (CB: *Circuit Breaker*, hay Cầu dao tự động)

Trong mạng điện hạ áp, aptomat là một loại khí cụ điện đóng cắt và bảo vệ ngắn mạch và quá tải cho mạng điện. So với cầu dao có gắn chì thì aptomat làm việc an toàn hơn, tin

cậy hơn và có khả năng tự động hóa cao nên được sử dụng rộng rãi trong lưới điện hạ áp công nghiệp, sinh hoạt, dịch vụ.

Ngoài loại aptomat thông thường, còn có loại aptomat chống dòng điện rò. Aptomat chống dòng điện rò sẽ tự động cắt mạch điện nếu phát hiện có dòng điện rò nằm trong giá trị tác động của aptomat.

Aptomat được chế tạo với các cấp điện áp khác nhau như 400V, 440V, 500V, 600V, 660V. Aptomat có loại một pha, hai pha, ba pha và số cực khác nhau như một cực, hai cực, ba cực, bốn cực.

Aptomat được chọn theo ba điều kiện đồng thời sau:

$$U_{dmA} \geq U_{dmld} \quad (7.18)$$

$$I_{dmA} \geq I_{tt} \quad (7.19)$$

$$I_{cdmA} \geq I_N \quad (7.20)$$

Trong đó:

U_{dmA} : Điện áp định mức của aptomat, V

I_{dmA} : Dòng điện định mức của aptomat, A

I_{cdmA} : Dòng điện cắt định mức của aptomat, KA

I_N : Dòng điện ngắn mạch, KA

Bảng 7.5 Điện trở tiếp xúc của cầu dao và aptomat, mΩ

Dòng điện định mức, A	50	70	100	140	200	400	600	1000
Aptomat	1.3	1.0	0.75	0.65	0.6	0.4	0.25	-
Cầu dao	-	-	0.5	-	0.4	0.2	0.15	0.08

Bảng 7.6 Điện trở tiếp và điện kháng của cuộn dây bảo vệ quá dòng của aptomat, mΩ

Dòng điện định mức cuộn dây, A	50	70	100	140	200	400	600
X	2.7	1.3	0.86	0.55	0.28	0.1	0.094
R	5.5	2.35	1.30	0.74	0.36	0.15	0.12

Ví dụ 3: Chọn aptomat cho tủ phân phối của trạm biến áp 250KVA, 10/0,4KV, phụ tải 200KW. Biết dòng ngắn mạch lớn nhất tại thanh cái hạ áp của trạm biến áp là 7,15KA.

Giải:

Dòng điện qua aptomat chính là dòng định mức của máy biến áp.

$$I_{dmAT} = I_{dmB} = \frac{S_{dmB}}{\sqrt{3}U_{dB}} = \frac{250}{\sqrt{3}.0,4} = 361,27A$$

Chọn aptomat của hãng Merlin Gerin, có thông số kỹ thuật như trong bảng sau:

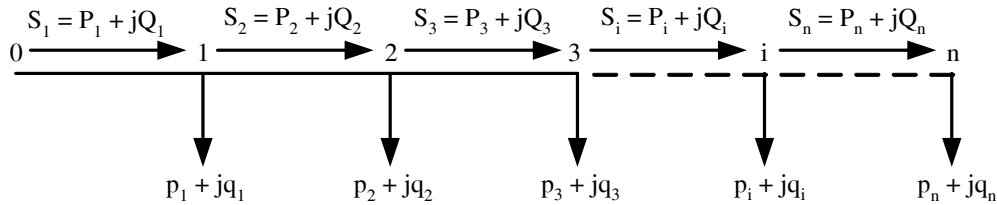
Mã hiệu	U_{dm} , V	I_{dm} , A	I_{cdmA} , KA
MS 400E	500	400	15

2.5. Chọn dây dẫn và cáp điện

a) Chọn thiết diện dây dẫn theo tổn thất điện áp cho phép

Phương pháp xác định thiết diện dây dẫn theo điều kiện tổn thất điện áp lớn nhất cho phép thường được áp dụng cho các mạng điện yêu cầu tổn thất điện áp thấp nhất như mạng điện chiếu sáng, mạng điện nông thôn.

Xét mạch điện như hình 7.3



Hình 7.3 Đường dây nhiều phụ tải

Tổn thất điện áp:

$$\Delta U = \frac{1}{U_{dm}} \sum_{i=1}^n (P_i r_i + Q_i x_i) \quad (7.21)$$

Hay:

$$\Delta U = \frac{\sum_{i=1}^n P_i r_i}{U_{dm}} + \frac{\sum_{i=1}^n Q_i x_i}{U_{dm}} = \Delta U' + \Delta U'' \quad (7.22)$$

Nếu đường dây đồng chất và cùng thiết diện

$$\Delta U = \frac{r_0 \sum_{i=1}^n p_i l_i}{U_{dm}} + \frac{x_0 \sum_{i=1}^n q_i l_i}{U_{dm}} \quad (7.23)$$

Hay:

$$\Delta U = \frac{r_0 \sum_{i=1}^n p_i l_i}{U_{dm}} + \frac{x_0 \sum_{i=1}^n q_i l_i}{U_{dm}} = \Delta U' + \Delta U'' \quad (7.24)$$

Trong đó:

$\Delta U'$: Tổn thất điện áp do thành phần công suất tác dụng gây nên.

$\Delta U''$: Tổn thất điện áp do thành phần công suất phản kháng gây nên.

Nếu biết trước x_0 , thành phần tổn thất $\Delta U''$ được tính như sau:

$$\Delta U'' = \frac{x_0 \sum_{i=1}^n Q_i l_i}{U_{dm}} \quad \text{hay} \quad \Delta U'' = \frac{x_0 \sum_{i=1}^n q_i L_i}{U_{dm}} \quad (7.25)$$

Giá trị x_0 có thể chọn theo giá trị sau:

- Đường dây hạ áp trên không : $x_0 = 0,25 \, \Omega/\text{km}$
- Đường dây cáp hạ áp : $x_0 = 0,07 \, \Omega/\text{km}$
- Đường dây cao áp trên không : $x_0 = (0,35 \div 0,4) \, \Omega/\text{km}$

ΔU_{cp} là tổn thất điện áp cho phép tính từ đầu nguồn đến phụ tải xa nhất.

$\Delta U'$ được tính theo công thức:

$$\Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U'' \quad (7.26)$$

Với:

$$\Delta U' = \frac{r_0 \sum_{i=1}^n P_i l_i}{U_{dm}} \quad (7.27)$$

Thay $r_0 = \frac{1}{\gamma F}$, với γ là điện dẫn xuất của dây dẫn.

Thiết diện dây dẫn được xác định như sau:

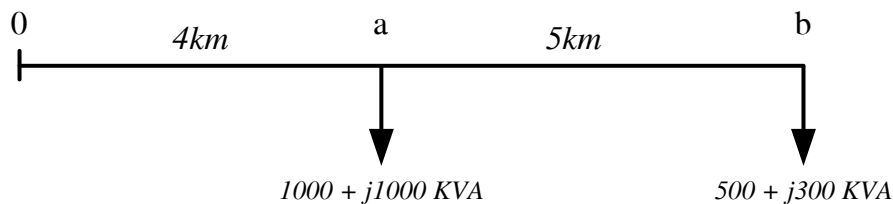
$$F = \frac{\sum_{i=1}^n P_i l_i}{\gamma U_{dm} \Delta U'} \quad (7.28)$$

Hay:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n P_i L_i}{\gamma U_{dm} \Delta U'} \quad (7.29)$$

Từ giá trị tính toán F , tra bảng chọn thiết diện dây dẫn đồng thời xác định được r_0 và x_0 ứng với dây dẫn đã chọn, tính lại tổn thất điện áp ΔU để so sánh với ΔU_{cp} . Nếu chưa đạt yêu cầu thì tăng thiết diện dây lên một cấp và tính lại tổn thất điện áp.

Ví dụ 4: Hai phụ tải tập trung tại 2 nút a, b của đường dây được cấp nguồn 15KV, dây dẫn nhôm lõi thép. Tổn thất điện áp cho phép $\Delta U_{cp}=5\%$. Các số liệu cho trên hình vẽ, đường dây cùng tiết diện. Xác định thiết diện dây dẫn, cho biết $\rho_{Al}=31,5\text{mm}^2/\text{km}$, $x_0=0,38\Omega/\text{km}$.



Giải:

$$\Delta U'' = \frac{x_0 \sum_{i=1}^n q_i L_i}{U_{dm}} = \frac{0,38(1000 \cdot 4 + 300 \cdot 9)}{15} = 169,7\text{V}$$

Tổn thất điện áp trên toàn bộ đường dây

$$\Delta U_{cp} = 5\% U_{dm} = \frac{5}{100} 15 = 0,75\text{KV} = 750\text{V}$$

$$\Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U'' = 750 - 169,7 \approx 580\text{V}$$

Thiết diện dây

$$F = \frac{\sum p_i L_i}{\gamma U_{dm} \Delta U'} = \frac{31,5(1000.4 + 500.9)}{15.580} = 30,7 \text{ mm}^2$$

b) Chọn thiết diện dây dẫn theo mật độ dòng điện không đổi

Khi xây dựng đường dây cùng thiết diện trên toàn bộ chiều dài dẫn đến sử dụng một khối lượng kim loại màu lớn. Nếu thời gian sử dụng công suất cực đại lớn, với mạng điện địa phương nên chọn dây dẫn theo mật độ dòng không đổi thì tổn thất công suất và điện năng là nhỏ nhất và khối lượng kim loại màu sử dụng là nhỏ nhất. Do đó phương pháp này thường được sử dụng ở mạng điện có điện áp từ 110KV trở lên, lưới điện phân áp trung áp có thời gian sử dụng công suất lớn cũng có thể sử dụng phương pháp này. Xét đường dây như hình 7.3.

Tổn thất điện áp cho phép được tính: $\Delta U_{cp} = \Delta U'' + \Delta U'$

Với x_0 tùy ý, thì tổn thất điện áp $\Delta U''$ được tính:

$$\Delta U'' = \frac{x_0 \sum_{i=1}^n Q_i l_i}{U_{dm}} \quad (7.30)$$

Hay:

$$\Delta U' = \Delta U_{cp} - \Delta U'' \quad (7.31)$$

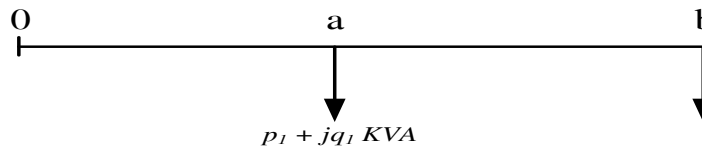
Thiết diện dây dẫn

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n p_i L_i}{\gamma \Delta U' U_{dm}} \quad (7.32)$$

Và $\Delta U'$ được tính lại như:

$$\Delta U' = \frac{\sum_{i=1}^n p_i L_i}{\gamma F U_{dm}} \quad (7.33)$$

Xét đường dây hai phụ tải như hình 7.4



Hình 7.4 Đường dây hai phụ tải

Thành phần tổn thất điện áp $\Delta U'$ được xác định theo công thức (7.33)

$$\Delta U' = \Delta U'_{0a} + \Delta U'_{ab} = \frac{\sqrt{3} U_{dm} r_0 I_1 \cos \varphi_1}{\gamma F_1 U_{dm}} + \frac{\sqrt{3} U_{dm} r_0 I_2 \cos \varphi_2}{\gamma F_2 U_{dm}} \quad (7.34)$$

Đặt:

$$J = \frac{I}{F} \quad (7.35)$$

với J là mật độ dòng điện là không đổi trên các đoạn dây.

$$J = \frac{I_1}{F_1} = \frac{I_2}{F_2} \quad (7.36)$$

Do đó:

$$\Delta U' = \frac{\sqrt{3}}{\gamma} (I_1 \cos \varphi_1 + I_2 \cos \varphi_2) \quad (7.37)$$

$$J = \frac{\Delta U' \gamma}{\sqrt{3} (I_1 \cos \varphi_1 + I_2 \cos \varphi_2)} \quad (7.38)$$

Thiết diện dây dẫn của đoạn thứ nhất: $F_1 = \frac{I_1}{J}$

Thiết diện dây dẫn của đoạn thứ hai: $F_2 = \frac{I_2}{J}$

Tổng quát mạng điện có n phụ tải, mật độ dòng được tính như:

$$J = \frac{\Delta U' \gamma}{\sqrt{3} \sum_{i=1}^n I_i \cos \varphi_i} \quad (7.39)$$

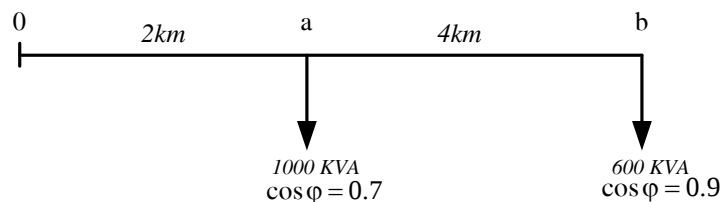
Thường thì mật độ dòng điện J được tra trong bảng mật độ dòng điện kinh tế j_{kt} , do đó phương pháp này còn được gọi là phương pháp xác định thiết diện dây dẫn theo mật độ dòng điện kinh tế.

Thiết diện dây dẫn của đoạn dây thứ i được tính theo công thức sau:

$$F_i = \frac{I_i}{J} \quad (7.40)$$

Sau đó tra bảng chọn tiết diện dây, kiểm tra lại tổn thất điện áp xem tổn thất điện áp có cho phép hay không.

Ví dụ 5: Xác định thiết diện dây dẫn đường dây trên không, dùng dây dẫn nhôm lõi thép, điện áp mạng điện là 15KV. Tổn thất điện áp cho phép $\Delta U_{cp} = 5\%$. Thời gian sử dụng sông suất cực đại $T_{max} = 3500$ giờ/năm. Các thông số còn lại cho trên hình vẽ; Cho $x_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$, $\gamma_{Al} = 31,5 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{km}$.



Giải

Dòng điện trên các đoạn 0a, ab

$$I_{0a} = \frac{S_{0a}}{\sqrt{3} U_{dm}} = \frac{1000 + 600}{\sqrt{3} \cdot 15} = 61,5 \text{ A}$$

$$I_{ab} = \frac{S_{ab}}{\sqrt{3} U_{dm}} = \frac{600}{\sqrt{3} \cdot 15} = 23,1 \text{ A}$$

Thành phần tổn thất điện áp $\Delta U''$

$$\Delta U'' = \frac{x_0 \sum_{i=1}^n q_i \cdot L_i}{U_{dm}} = \frac{0,4(710,2 + 258,6)}{15} = 79V$$

Thành phần tổn thất điện áp $\Delta U'$

$$\Delta U'' = \Delta U_{cp} - \Delta U'' = 15000 \frac{5}{100} - 79 = 671V$$

Mật độ dòng điện trên đường dây

$$J = \frac{\gamma \Delta U'}{\sqrt{3} \sum_{i=1}^n I_i \cos \varphi_i} = \frac{31,5 \cdot 10^{-3} \cdot 671}{\sqrt{3}(4,0,9 + 2,0,7)} = 2,443 A/mm^2$$

Cách khác tra bảng chọn mật độ dòng điện kinh tế có $J_{kt} = 1,1 A/mm^2$

Do $J = 2,4 > J_{kt}$ nên dùng J_{kt} để chọn thiết diện dây dẫn cho đường dây

Thiết diện dây dẫn đường dây 0a:

$$F_{oa} = \frac{I_{oa}}{J_{kt}} = \frac{61,5}{1,1} = 55,9 \approx 56 mm^2$$

Chọn dây AC – 70

Thiết diện dây dẫn đường dây ab:

$$F_{ab} = \frac{I_{ab}}{J_{kt}} = \frac{61,5}{1,1} = 21 mm^2$$

Về nguyên tắc chọn dây nhỏ hơn, có thể dây AC–50 nhưng nên chọn luôn cỡ dây AC–70 nhằm đồng nhất đường dây.

Bảng 7.7 Mật độ dòng điện kinh tế (J_{kt})

Thời gian sử dụng công suất cực đại.	Dây trần và thanh cái.		Cáp bọc giấy cách điện và dây dẫn bọc cao su cách điện.		Cáp bọc cao su cách điện và lõi đồng.
	Đồng	Nhôm	Đồng	Nhôm	
1000 – 30000	2.5	1.3	3.0	1.6	3.5
3000 – 5000	2.1	1.1	2.5	1.4	3.1
5000 – 8760	1.8	1.0	2.0	1.2	2.7

c) Chọn thiết diện dây dẫn theo điều kiện phát nóng cho phép

Phương pháp lựa chọn thiết diện dây dẫn theo điều kiện phát nóng cho phép sử dụng trong việc xác định thiết diện dây dẫn trong mạng điện hạ áp công nghiệp và mạng sinh hoạt khu vực đô thị.

Bước 1: Xác định dòng điện tính toán I_{tt} của tải chạy qua đường dây cung cấp điện.

Bước 2: Chọn thiết diện dây dẫn theo biểu thức:

$$k_1 k_2 I_{cp} \geq I_{tt} \quad (7.41)$$

Trong đó

k_1 : Hệ số điều chỉnh nhiệt độ, ứng với môi trường đặt dây dẫn, cáp.

k_2 : Hệ số điều chỉnh nhiệt độ, kể đến số lượng dây dẫn, cáp đặt cùng rãnh đi dây.

I_{cp} : Dòng điện lâu dài cho phép ứng với thiết diện dây dẫn, cáp, tra catalogue.

Bước 3 : Thử lại theo điều kiện kết hợp với thiết bị bảo vệ

* **Bảo vệ bằng cầu chì**

$$k_1 k_2 I_{cp} \geq \frac{I_{dc}}{\alpha} \quad (7.42)$$

Trong đó

I_{dc} : Dòng điện định mức của dây chảy, A

α : Hệ số xét đến đặc trưng tải

Mạng điện động lực $\alpha = 2,5$

Mạng điện chiếu sáng $\alpha = 0,8$

* **Bảo vệ bằng aptomat**

$$k_1 k_2 I_{cp} \geq \frac{I_{cdmA}}{\alpha} \quad (7.43)$$

$$k_1 k_2 I_{cp} \geq \frac{I_{cdmn}}{\alpha} \quad (7.44)$$

Trong đó:

I_{cdmA} : Dòng điện cắt định mức của aptomat, KA

I_{cdmn} : Dòng điện tác động định mức của rơle nhiệt, KA

Bước 4: Kiểm tra theo điều kiện ổn định nhiệt của dòng điện ngắn mạch:

$$F \geq \alpha I_N \sqrt{t} \quad (7.45)$$

Trong đó

I_N : Dòng điện ngắn mạch trong mạng điện, KA

α : Hệ số xét đến đặc tính dây dẫn

Dây dẫn nhôm $\alpha = 11$

Dây dẫn đồng $\alpha = 6$

t : Thời gian cắt ngắn mạch, s

Bước 5: Kiểm tra theo tổn thất điện áp

$$\Delta U_{\max} \leq \Delta U_c \quad (7.46)$$

Ví dụ 6: Tính chọn dây dẫn trực chính cho một căn hộ gia đình có công suất đặt là 10 KW. Biết căn hộ đó được bảo vệ bằng cầu chì tổng có dây chảy là 50A.

Giải:

Công suất tính toán của căn hộ:

$$P_{tt} = K_{dt} P_d = 0,8.10 = 8 \text{ KW}$$

Dòng điện tính toán:

$$I_{tt} = \frac{P_{tt}}{U_{dm} \cos \varphi} = \frac{8}{0,22.0,85} = 42,78A$$

Sử dụng dây dẫn nội địa và đường dây trực chính đi riêng lẻ nên $K_1 = 1$ và $K_2 = 1$.

$$k_1 k_2 I_{cp} = 50A \geq 42,78$$

Tra catalogue dây dẫn chọn dây dẫn có dòng định mức là 50A.

Kiểm tra lại kết hợp với cầu chì bảo vệ:

$$k_1 k_2 I_{cp} \geq \frac{I_{dc}}{\alpha} = \frac{50}{0,8} = 62,5A$$

Dây dẫn không thỏa điều kiện phát nóng. Chọn lại dây dẫn có dòng định mức là 75A.

Bảng 7.8 Hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ (k_1) của môi trường xung quanh dây dẫn, cáp điện

Nhiệt độ tiêu chuẩn của môi trường xung quanh $^{\circ}C$	Nhiệt độ lớn nhất cho phép của dây dẫn $^{\circ}C$	Hệ số k_1 khi nhiệt độ của môi trường xung quanh là, $^{\circ}C$											
		-5	-0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
15	80	1.14	1.11	1.08	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78	0.73	0.68
25		1.24	1.20	1.17	1.13	1.09	1.04	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.74
25	70	1.29	1.24	1.20	1.15	1.11	1.05	1.00	0.94	0.88	0.81	0.74	0.67
15	65	1.18	1.14	1.10	1.05	1.00	0.95	0.89	0.84	0.77	0.71	0.63	0.55
25		1.32	1.27	1.22	1.17	1.12	1.06	1.00	0.94	0.87	0.79	0.79	0.61
15	60	1.20	1.16	1.12	1.06	1.00	0.94	0.88	0.82	0.75	0.67	0.57	0.47
25		1.36	1.31	1.25	1.20	1.13	1.07	1.00	0.93	0.85	0.76	0.66	0.54

Bảng 7.9. Hệ số điều chỉnh về số lượng dây dẫn (k_2), cáp trong rãnh hoặc trong hầm đi dây.

Khoảng cách giữa các dây dẫn, cáp, mm	Số dây dẫn, cáp trong rãnh đi dây						
	1	2	3	4	5	6	7-10
100	1.00	0.90	0.85	0.80	0.78	0.75	0.7
200	1.00	0.92	0.87	0.84	0.82	0.81	0.8
300	1.00	0.93	0.90	0.87	0.86	0.5	0.8

2.6. Chọn máy biến áp đo lường

a) Chọn máy biến dòng điện (CT: Current Transformer, hay BI (Biến I))

Máy biến dòng điện có nhiệm vụ là biến đổi dòng điện có giá trị lớn xuống giá trị nhỏ để cung cấp cho các dụng cụ đo lường, bảo vệ rơle và tự động hóa. Dòng điện định mức của máy biến dòng điện thường là 5A, 1A.

Cuộn dây sơ cấp của máy biến dòng điện được mắc nối tiếp mạng điện và có số vòng dây rất ít so với số vòng dây cuộn thứ cấp. Phụ tải thứ cấp của máy biến dòng điện rất nhỏ, do đó có thể xem máy biến dòng điện luôn làm việc ở trạng thái ngắn mạch. Để an toàn người vận hành, cuộn thứ cấp máy biến dòng điện phải được nối đất.

Bảng 7.10. Điều kiện chọn và kiểm tra máy biến dòng điện

Điều kiện chọn và kiểm tra	Công thức tính toán
Điện áp định mức, V	$U_{dmBI} \geq U_{dmld9}$
Dòng điện sơ cấp định mức, A	$I_{ldmBI} \geq I_{lvmax}$
Phụ tải định mức cuộn sơ cấp, VA	$S_{2dmBI} > S_{2tt}$
Hệ số ổn định lực điện động	$K_d \geq \frac{i_{xk}}{\sqrt{2}I_{ldmBI}}$
Lực tác dụng cho phép lên đầu sứ.	$F_{cp} \geq 0,88 \cdot 10^{-2} i^2 \frac{l}{a}$
Hệ số ổn định nhiệt.	$k_{\text{ổn}} \geq \frac{I_{\infty} \sqrt{t_{gt}}}{I_{ldmBI} \sqrt{t_{\text{ổn}}^2}}$

Trong đó

S_{tt} : Phụ tải tính toán cuộn dây thứ cấp máy biến dòng điện, VA

S_{2dmBI} : Phụ tải định mức thứ cấp máy biến dòng điện, $S_{2dmBI} = I_{2dm}^2 Z_{2dm}$, VA

I_{2dm} : Dòng điện định mức dây thứ cấp máy biến dòng điện

Z_{2dm} : Điện trở cho phép toàn phần mạch ngoài, $Z_{2dm} = \sum r_{dc} + r_{dd} + r_{tt}$, Ω

$\sum r_{dc}$: Tổng điện trở dụng cụ đo và rơle

r_{dd} : Điện trở dây dẫn nối từ thứ cấp máy biến dòng đến các dụng cụ đo và rơle

r_{tt} : Điện trở chỗ tiếp xúc ($0,05 \div 0,1\Omega$)

t_{qd} : Thời gian quá độ

a : Khoảng cách giữa các pha, cm

l : Khoảng cách từ máy biến dòng điện đến sứ đỡ gần nhất, cm

b) Chọn máy biến điện áp (VT: Voltage Transformer, hay BU (Biến U))

Máy biến điện áp có nhiệm vụ biến đổi điện áp từ trị số cao xuống trị số thấp phục vụ cho đo lường, bảo vệ rơle và tự động hóa. Điện áp thứ cấp thường là 100V, 100/ $\sqrt{3}$ V.

Nguyên lý làm việc của máy biến điện áp tương tự như máy biến áp điện lực nhưng công suất nhỏ hơn từ vài chục đến vài trăm VA. Chế độ làm việc của máy biến điện áp có thể xem là không tải do tổng trở mạch ngoài và thứ cấp rất lớn

Bảng 7.11. Điều kiện chọn và kiểm tra máy biến điện áp

Thông số chọn và kiểm tra	Điều kiện chọn
Điện áp định mức (sơ cấp)	$U_{1dm} \geq U_{dmld}$
Phụ tải định mức một pha, VA	$S_{2đmpha} > S_{2tpha}$

Trong đó:

$$S_{2tpha} = \sqrt{(\sum P_{dc})^2 + (\sum Q_{dc})^2} : \text{Phụ tải thứ cấp máy biến điện áp, VA}$$

$$\sum P_{dc} = \sum S_{dc} \cos \varphi_{dc} : \text{Tổng công suất tác của dụng cụ nối vào thứ cấp, W}$$

$$\sum Q_{dc} = \sum S_{dc} \sin \varphi_{dc} : \text{Tổng công suất phản kháng của dụng cụ nối vào thứ cấp máy}$$

biến điện áp, VAR

$$S_{2đmpha} : \text{Công suất định mức máy biến điện áp, VA}$$

ÔN TẬP CHƯƠNG VII

7.1. Một phụ tải công nghiệp có công suất tính toán là 1200kVA, trong đó có 20% là phụ tải loại 3 dùng cho khối văn phòng. Điện áp làm việc là 0,4kV lấy từ nguồn trung áp 22kV.

Yêu cầu chọn 2 máy biến áp lắp đặt tại trạm biến áp cấp điện cho phụ tải trên trong 2 trường hợp:

- Đảm bảo cung cấp điện 100% công suất phụ tải tại mọi thời điểm.
- Cho phép cắt giảm một phần phụ tải loại 3 khi có sự cố về MBA, đồng thời xác định phần trăm công suất phụ tải cần cắt có lợi nhất về mặt kinh tế.

Cho biết một số thông số về dung lượng MBA hạ áp 22/0,4kV tham khảo là:

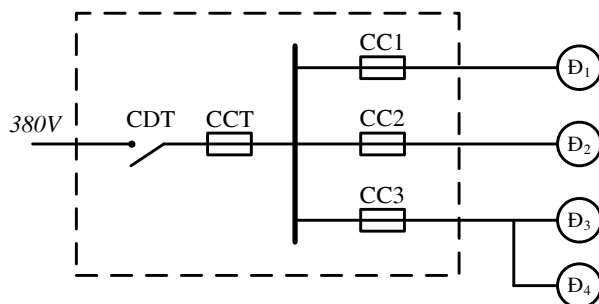
$$500-600-700-750-850-1000-1200-1500-1700-2000\text{kVA}.$$

7.2. Tính toán giá trị dòng điện đỉnh nhọn trên đường dây cung cấp cho một cơ cấu nâng hạ tải có các máy thành phần và số liệu cho như sau:

Động cơ thành phần	$P_{dm}(kW)$	$\varepsilon\%$	$\cos \varphi_{dm}$	$I_{dm}(A)$	K_{mm}
Động cơ nâng hạ tải	12	15	0,76	27,5	5,5
Động cơ kéo băng trượt	4	15	0,72	8,45	2,5
Động cơ chuyển hàng	8	15	0,75	16,3	3,0

Điện áp lưới điện sử dụng là 380V, hệ số sử dụng trong toàn cơ cấu là giống nhau và bằng 0,1

7.3. Yêu cầu chọn lựa bộ cầu dao–cầu chì tổng và các cầu chì nhánh cho 1 tủ cung cấp điện của một phân xưởng cơ khí có sơ đồ bố trí sau:



Tủ cung cấp điện

Động cơ	Ký hiệu	P_{dm} (KW)	$\cos \varphi_{dm}$	K_{mm}	K_t	η
Máy mài kim loại	Đ ₁	15	0,8	6	0,8	0,9
Cầu trục	Đ ₂	60	0,8	7	0,8	0,9
Máy phay	Đ ₃	5,5	0,9	5	0,8	0,9
Máy khoan kim loại	Đ ₄	12	0,9	7	0,8	0,85

Cho biết các thông số cầu dao – cầu chì tham khảo khi lựa chọn như sau:

$$I_{dm} = 3-50-63-80-100-120-150-175-200-350-500-600-650-800-1000A$$

$$I_{v0} = 100-200-400-600-800-1000-1200-1500A$$

7.4. Cho một mạch cung cấp điện cho một trạm bơm có 2 máy bơm số liệu cho trong bảng sau:

Máy bơm	U_{dm} (KV)	P_{dm} (KW)	$\cos \varphi_{dm}$	K_{mm}	K_t	η
MB1	0,38	22	0,89	7	0,9	0,86
MB2	0,38	14	0,86	7	0,9	0,85

Các đoạn cáp L_1 và L_2 nối từ thanh góp ở tủ phân phối đến các máy bơm MB1, MB2 có thông số sau:

(L_1): Ký hiệu cáp 3G4 – $I_{cp} = 53A$ cấp nguồn cho MB1

(L_2): Ký hiệu cáp 3G1,5 – $I_{cp} = 31A$ cấp nguồn cho MB2

Cả hai máy bơm đều mở máy trong điều kiện nhẹ tải.

Yêu cầu:

- a) Tính toán và lựa chọn dây chảy–cầu chì bảo vệ cho từng máy bơm và dây chảy–cầu chì tổng bảo vệ chung cho cả trạm bơm. Cho biết thông số dòng định mức của dây chảy–cầu chì tham khảo trong dây sau:

$$I_{dm} = 50-70-80-100-125-150-160-185-200A$$

$$I_{v0} = 100-200-400A$$

- b) Kiểm tra các đoạn cáp L_1 , L_2 đã cho có đạt yêu cầu kỹ thuật không? Cho biết $k_1=0,9$, $k_2=1$ vì ở xa nguồn, chiều dài cáp không đáng kể nên bỏ qua kiểm tra ổn định nhiệt khi ngắn mạch và tổn thất điện áp.