



Electrical Delivery

CHƯƠNG IV

CHƯƠNG IV

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ LƯỚI ĐIỆN HẠ THỂ

TÍNH TOÁN
THIẾT KẾ
LƯỚI ĐIỆN
HẠ THỂ

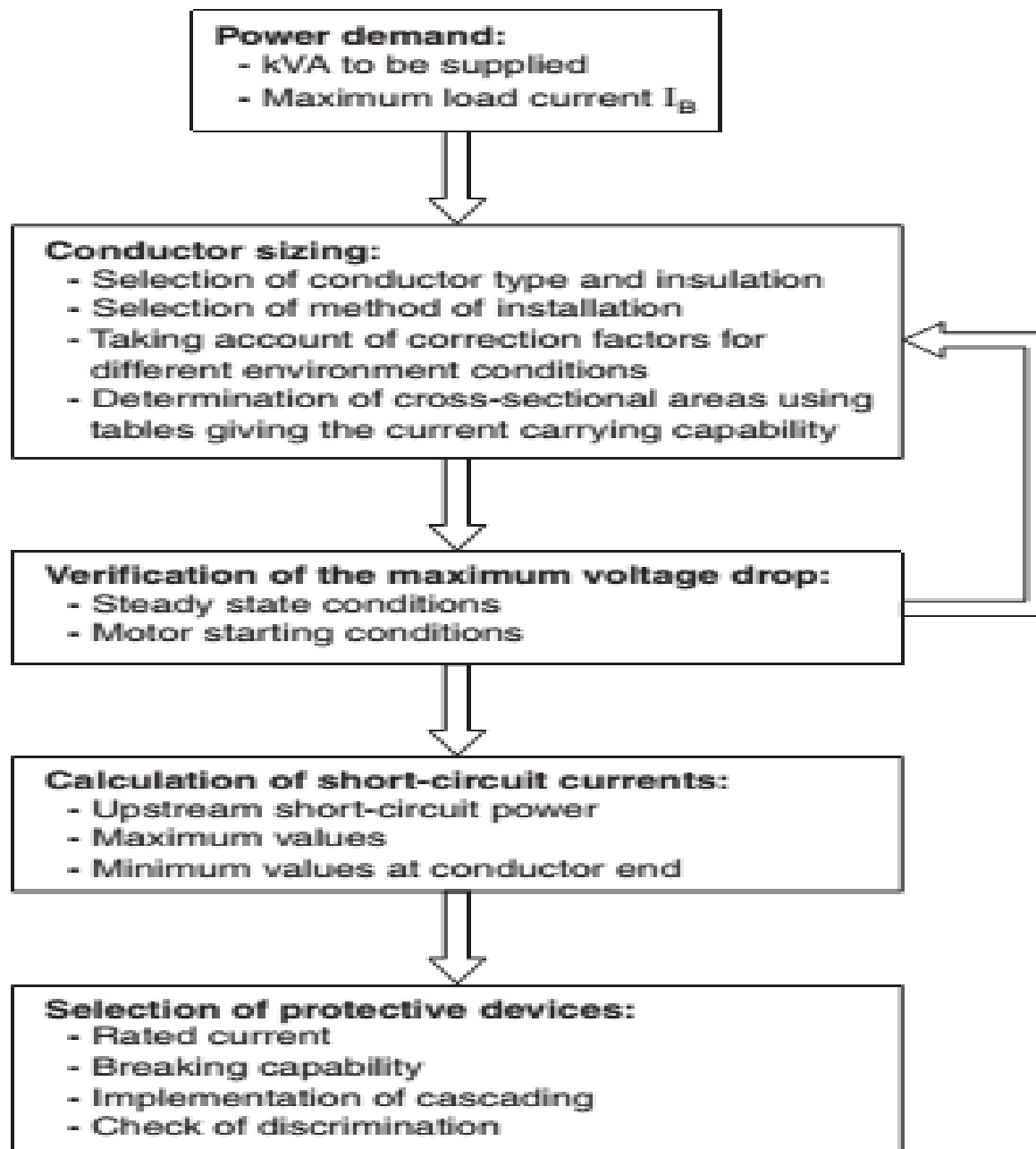


Electrical Delivery

CHƯƠNG III

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ LƯỚI ĐIỆN HẠ THẾ

1. Đặc thù của lưới điện hạ thế
2. Tính toán lưới điện hạ thế theo điều kiện phát nóng và bảo vệ
3. Tính toán lưới điện hạ thế theo điều kiện độ bền nhiệt của dòng điện ngắn mạch
4. Tính toán tổn hao điện áp
5. Tính toán dòng điện ngắn mạch trong lưới hạ thế
6. Bảo vệ lưới điện hạ thế
7. Vị trí lắp đặt thiết bị bảo vệ



4.2 Chọn
dây dẫn
trong
mạng hạ
thế theo
điều kiện
phát nóng
và phối
hợp với
thiết bị
bảo vệ

Fig. G1 : Flow-chart for the selection of cable size and protective device rating for a given circuit



Tính phụ tải điện

- KVA được cung cấp
- Dòng tải tối đa $I_{lvmax} = I_{tt}$



Xác định kích cỡ dây dẫn

- Chọn loại dây dẫn và loại cách điện
- Chọn các phương pháp lắp đặt
- Chọn yếu tố hiệu chỉnh theo điều kiện môi trường
- Xác định tiết diện dây dẫn, tra dây dẫn theo dòng cho phép



Tính sụt áp tối đa

- Điều kiện ổn định, vận hành bình thường
- Điều kiện động cơ khởi động



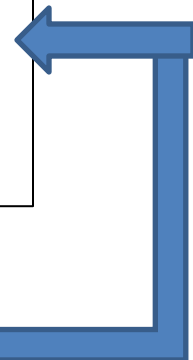
Tính toán dòng ngắn mạch

- Dòng ngắn mạch phía nguồn
- Giá trị dòng NM lớn nhất
- Giá trị tối thiểu I_{NMmin} ở cuối dây dẫn



Lựa chọn các thiết bị bảo vệ

- Dòng định mức
- Khả năng cắt
- Bảo vệ ghép tầng
- Kiểm tra tính chọn lọc



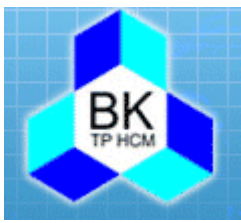
**Sơ đồ khối
các bước
chọn tiết
diện cáp và
đánh giá
thiết bị bảo
vệ với một
mạch cho
sẵn**

Conductors and cables		Method of installation							
		Without fixings	Clipped direct	Conduit	Cáp trunking (bao gồm loại ốp chân tường, và loại đi trên sàn)	Cable ducting	Cable ladder Cable tray Cable brackets	On insulators	Support wire
Bare conductors		—	—	—	—	—	—	+	—
Insulated conductors		—	—	+	+	+	—	+	—
Cáp có vỏ bọc (bao gồm cả bọc thép và Chất khoáng cách nhiệt	Multi-core	+	+	+	+	+	+	0	+
	Single-core	+	+	+	+	+	+	0	+

+ : được phép

— : không cho phép

0 : không áp dụng , hoặc không dùng trong thực tế



4.2 Chọn dây dẫn và cáp hạ thế theo điều kiện phát nóng và phối hợp với thiết bị bảo vệ

4.2.1. Nhiệt độ cho phép của dây dẫn và cáp ngầm (θ_{cp})

Nhiệt độ cho phép của dây dẫn và cáp ngầm (θ_{cp}) là nhiệt độ lớn nhất mà khi làm việc ở nhiệt độ này, dây dẫn và cáp vẫn còn giữ được đúng đặc tính nhiệt và cơ của nó.

- **Đối với dây trần : $\theta_{cp} \leq 70^{\circ}\text{C}$.**

θ_{cp} dựa trên đặc tính của mối nối _ đây là chỗ tiếp xúc kém nhất khi có dòng đi qua ,sẽ gây nên hiện tượng phát nóng nhiều nhất _ Khi nhiệt độ tăng quá giá trị cho phép , chỗ tiếp xúc sẽ bị oxy hóa mạnh làm tăng điện trở tiếp xúc và ngày càng nóng lên cho tới khi đường dây không làm việc được nữa .



4.2.1. Nhiệt độ cho phép của dây dẫn và cáp ngầm (θ_{cp})

- **Dây có bọc cách điện** : bộ phận chịu nhiệt kém nhất là lớp cách điện bọc quanh dây dẫn như cao su , PVC.... Tính cách điện của dây chỉ được đảm bảo khi nhiệt độ của lõi dây không vượt quá θ_{cp} của vật liệu cách điện đó . θ_{cp} của dây có bọc phụ thuộc vật liệu cách điện của nó .

Cách điện bằng cao su , PVC có $\theta_{cp} = 60^{\circ}\text{C} \div 80^{\circ}\text{C}$; cách điện bằng sợi amiang , sợi thủy tinh $\theta_{cp} = 100^{\circ}\text{C} \div 120^{\circ}\text{C}$.

- **Cáp ngầm có vỏ bọc kim loại bằng chì hoặc nhôm , cách điện bằng giấy tẩm dầu , khi bị nóng lên vật liệu cách điện này sẽ dẫn nở và khi nguội đi thì co lại nhiều hơn vỏ bọc chì . Do đó sẽ hình thành khoảng trống không khí giữa cách điện và vỏ bọc , dưới tác dụng của điện trường , không khí ở đây sẽ bị ion hóa đủ mạnh và gây nên hiện tượng chọc thủng cáp .**

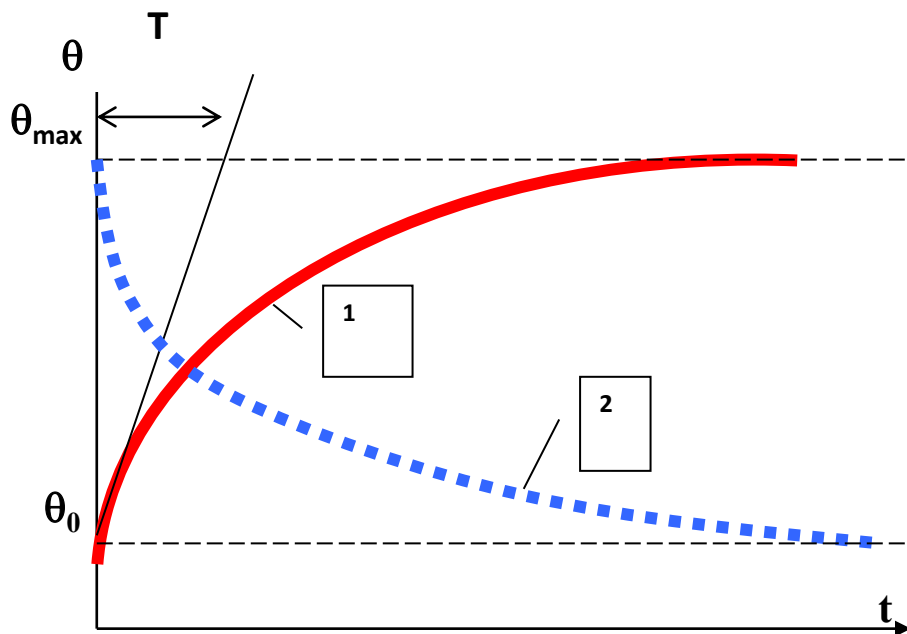
$$\theta_{cp} = 50^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$$



4.2.2. Hiện tượng phát nóng của dây dẫn

Khi có dòng điện chạy qua , dây dẫn sẽ nóng lên , sự biến thiên nhiệt độ trong dây dẫn theo thời gian được biểu diễn bằng hàm số

$$\Delta\theta = \theta - \theta_0 = (\theta_{\max} - \theta_0)(1 - e^{-t/T})$$



$\Delta\theta$: độ chênh nhiệt độ của dây dẫn so với môi trường chung quanh ($^{\circ}\text{C}$).

θ : nhiệt độ của dây dẫn sau khi có dòng điện chạy qua t giây ($^{\circ}\text{C}$).

θ_0 : nhiệt độ môi trường chung quanh ($^{\circ}\text{C}$).

θ_{\max} : nhiệt độ giới hạn lớn nhất đối với dây dẫn ($^{\circ}\text{C}$).

T : hằng số thời gian phát nóng của dây dẫn (s).



4.2.2. Hiện tượng phát nóng của dây dẫn



- ❑ $I = \text{const}$ chạy qua , dây dẫn bị đốt nóng , nhiệt lượng phát ra chia làm 2 phần : một phần làm nóng dây dẫn , phần còn lại tỏa ra môi trường chung quanh .
- ❑ Nhiệt lượng tỏa ra môi trường theo 3 đường : bức xạ , đối lưu và truyền dẫn . Vì hệ số truyền dẫn không khí rất thấp nên chỉ xét đến hiện tượng đối lưu và bức xạ .
- ❑ Ở giai đoạn đầu , dòng điện làm cho nhiệt độ dây dẫn tăng tuyến tính theo đường thẳng , do hiện tượng đối lưu và bức xạ , một phần nhiệt lượng tỏa ra môi trường chung quanh .
- ❑ Khi đạt đến trạng thái cân bằng nhiệt , nhiệt độ của dây dẫn bằng với nhiệt độ môi trường chung quanh , nhiệt lượng phát sinh sẽ tỏa hết ra môi trường chung quanh, dây dẫn đạt nhiệt độ xác lập
- ❑ Dây dẫn đạt nhiệt độ xác lập khi $t = (3 \div 4)T$.



4.2.3. Dòng điện cho phép của dây dẫn và cáp

Dòng điện cho phép (I_{cp}) là dòng điện chạy qua dây dẫn lâu dài làm cho dây nóng lên tới nhiệt độ không vượt quá nhiệt độ cho phép .

❑ Dòng điện I chạy qua dây dẫn có điện trở r trong một đơn vị thời gian sẽ phát sinh nhiệt lượng

$$Q = K_1 . I^2 . r = K_1 . I^2 . \rho . \frac{l}{F}$$

K_1 : hệ số quy đổi công suất điện ra nhiệt

ρ : điện trở suất của dây dẫn ; l : chiều dài dây ; F : tiết diện dây

❑ Lượng nhiệt tỏa ra môi trường chung quanh $Q = K_2 (\theta - \theta_0) S$

K_2 : hệ số tỏa nhiệt ($W/cm^2 \cdot ^\circ C$) là nhiệt lượng tỏa ra trong 1giây từ $1cm^2$ bề mặt dây dẫn khi độ chênh nhiệt giữa dây dẫn và môi trường là $1^\circ C$;

$S = \pi . d . l$: diện tích bề mặt tản nhiệt (cm^2) , d : đường kính dây dẫn (cm) .

θ_0 : nhiệt độ dây dẫn và của môi trường chung quanh

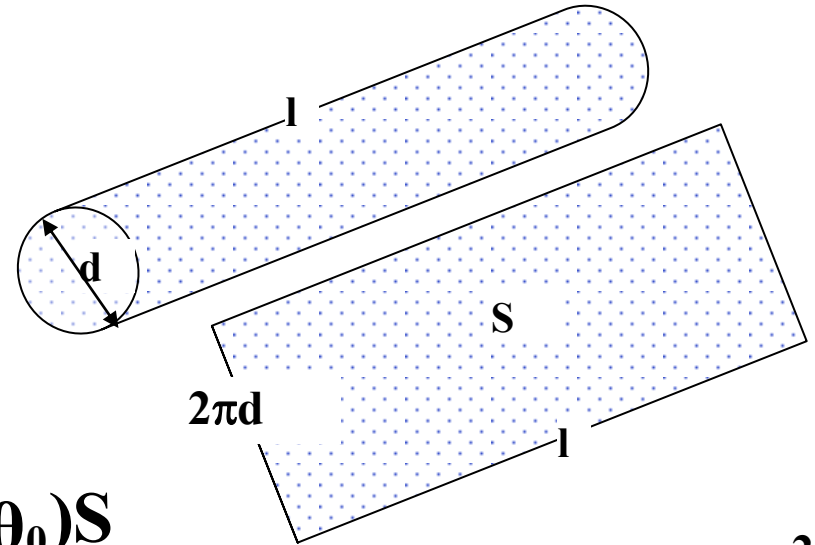
Hệ số truyền nhiệt của dây dẫn phụ thuộc vào :

- nhiệt độ ban đầu của dây dẫn .
- tốc độ chuyển động của không khí gần dây dẫn .



4.2.3. Dòng điện cho phép của dây dẫn và cáp

Ở trạng thái cân bằng nhiệt, nhiệt lượng phát ra trong một đơn vị thời gian bằng nhiệt lượng tỏa ra môi trường chung quanh



$$Q = K_1 \cdot I^2 \cdot r = K_1 \cdot I^2 \cdot \rho \cdot \frac{l}{F} = K_2 (\theta - \theta_0) S$$

$$S = 2\pi d \cdot l (\text{cm}^2)$$

$$I = K_3 \sqrt{\frac{F(\theta - \theta_0)S}{\rho \cdot l}}; \quad K_3 = \sqrt{\frac{K_2}{K_1}}$$

$$I_{\text{cp}} = K_3 \sqrt{\frac{F(\theta_{\text{cp}} - \theta_0)S}{\rho \cdot l}}$$



4.2.3. Dòng điện cho phép của dây dẫn và cáp

1. Dòng điện cho phép tỉ lệ với $\sqrt{\Delta\theta} = \sqrt{\theta - \theta_0}$

Khi nhiệt độ môi trường chung quanh là θ'_0 khác nhiệt độ tiêu chuẩn θ_0

$$I'_{cp} = K_3 \sqrt{\frac{F(\theta_{cp} - \theta'_0)S}{\rho.l}}$$

$$\frac{I_{cp}}{I'_{cp}} = \sqrt{\frac{(\theta_{cp} - \theta_0)}{(\theta_{cp} - \theta'_0)}} = \sqrt{\frac{\Delta\theta_1}{\Delta\theta_2}} \Rightarrow I'_{cp} = I_{cp} \sqrt{\frac{\Delta\theta_2}{\Delta\theta_1}}$$

2. I_{cp} tỉ lệ với $\sqrt{\frac{1}{\rho}}$

$$\frac{I_{cp1}}{I_{cp2}} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} \Rightarrow I_{cp2} = I_{cp1} \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}}$$



4.2.3. Dòng điện cho phép của dây dẫn và cáp

3. Dây cùng loại nhưng có đường kính khác nhau

$$\frac{I_{cp1}}{I_{cp2}} = \sqrt{\frac{d_1}{d_2}} \Rightarrow I_{cp2} = I_{cp1} \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$$

4. I_{cp} tỉ lệ với $\sqrt{F.S} = \sqrt{\pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot \pi \cdot d \cdot l} \approx d^{3/2}$

Dòng cho phép sẽ tăng khi đường kính dây tăng hay tiết diện dây tăng

5. Mật độ dòng điện cho phép theo điều kiện phát nóng

$$J_{\theta} = \frac{I_{cp}}{F} \approx \frac{d^{3/2}}{d^2} = d^{-1/2} = \frac{1}{\sqrt{d}}$$

Mật độ dòng cho phép sẽ giảm khi tiết diện dây tăng, dây càng to thì mật độ dòng cho phép càng thấp



4.2.4 Chọn dây dẫn và cáp hạ thế theo điều kiện phát nóng và phối hợp với thiết bị bảo vệ

1. Theo điều kiện phát nóng: dây dẫn được lựa chọn theo dòng điện tính toán của tải sao cho nhiệt độ dây dẫn không lớn hơn nhiệt cho phép của dây dẫn với mọi giá trị dòng điện tải ở chế độ dài hạn

$$I_{cp} \geq I_{lvmax}$$

Giá trị I_{cp} tra được thường ứng với điều kiện thử nghiệm nơi sản xuất, ví dụ nhiệt độ θ_0 , dây chỉ một sợi ... Cần qui đổi dòng cho phép theo điều kiện tản nhiệt cụ thể nơi lắp đặt như theo nhiệt độ môi trường, phương pháp lắp đặt, số dây đi song song ...

$$I'_{cp} = I_{cp} \cdot k_{hc} \geq I_{lvmax} \Rightarrow I_{cp} \geq \frac{I_{lvmax}}{k_{hc}}$$

I_{cp} - dòng điện cho phép của dây dẫn (A) _tra theo catalog.

I_{lvmax} -dòng điện lớn nhất chạy trong dây dẫn (A)








K_{hc} - hệ số hiệu chỉnh, phụ thuộc vào cách lắp đặt ,số mạch đi kề



Xác định cỡ dây đối với cáp không chôn dưới đất

Xác định mã chữ cái phụ thuộc :

- dạng của mạch (1 pha, 3 pha ...)
- dạng lắp đặt.

Dạng của dây	Cách lắp đặt	Mã đi dây
Dây 1 lõi và nhiều lõi	   -dưới lớp nắp đúc, có thể lấy ra được hoặc không, bề mặt đổ lớp vữa hoặc nắp bằng. -dưới sàn nhà hoặc sau trần giả -trong rãnh, hoặc ván lát chân tường	B
	 -khung treo có bề mặt tiếp xúc với tường hoặc trần -trên những khay cáp không đục lỗ	C
Cáp có nhiều lõi	  -thang cáp, khay có đục lỗ hoặc trên cong xom đỡ -treo trên tấm chêm -cáp móc xích tiếp nối nhau	E
Cáp 1 lõi		F



Xác định hệ số K

K1 thể hiện ảnh hưởng của cách thức lắp đặt

Đối với cáp không chôn trong đất, hệ số K đặc trưng cho điều kiện lắp đặt và gồm 3 hệ số thành phần $K = K_1 \times K_2 \times K_3$

Mã chữ		Ví dụ	K1
B	Cáp đặt thẳng trong vật liệu cách điện chịu nhiệt		0,70
	Ống dây đặt trong vật liệu cách điện chịu nhiệt		0,77
	Cáp đa lõi		0,90
	Hầm và mương cáp kín		0,95
C	Cáp treo trên trần		0,95
B, C, E, F	Các trường hợp khác		1

Hệ số K2 thể hiện ảnh hưởng của số lượng dây đặt kề nhau

Hai mạch được coi là đặt kề nhau khi khoảng cách L giữa 2 dây nhỏ hơn 2 lần đường kính của 2 cáp nói trên.

Khi số lớp cáp nhiều hơn một, K2 cần được nhân với các hệ số sau

2 lớp : 0,8 ; 3 lớp : 0,73 ; 4 hoặc 5 lớp : 0,7

Mã chữ cái	Cách thức đặt gần nhau	Hệ số K ₂											
		Số lượng mạch hoặc cáp đa lõi											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B,C	Lắp hoặc chôn trong tường	1,0	0,8	0,7	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,5	0,45	0,41	0.38
C	Hàng đơn trên tường hoặc nền nhà, hoặc trên khay cáp không đục lỗ	1	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,7	0,7		
	Hàng đơn trên trần	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61		
E,F	Hàng đơn nằm ngang hoặc trên máng đứng	1	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72		
	Hàng đơn trên thang cáp, công xom	1	0,87	0.82	0,8	0,8	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78		



Hệ số K3 thể hiện ảnh hưởng của nhiệt độ tương ứng với dạng cách điện

Nhiệt độ môi trường	Cách điện		
	Cao su (chất dẻo)	PVC	butyl polyethylene (XLPE), cao su có ethylene propylene (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,93	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71
65	-	-	0,65
70	-	-	0,58
75	-	-	-
80	-	-	-



Cáp 3 pha 3 lõi dạng XLPE đặt trên khay đục lỗ có 3 mạch cáp khác gồm:

- 1 cáp 3 pha 3 lõi (ký hiệu là 1)
- 3 cáp một pha (ký hiệu là 2)
- 6 cáp một pha (ký hiệu là 3) mạch chứa 2 cáp cho mỗi pha.

Ví dụ

Như vậy sẽ có 5 cáp 3 pha có trong hàng
Nhiệt độ môi trường là 40°C. Mã chữ cái là E.

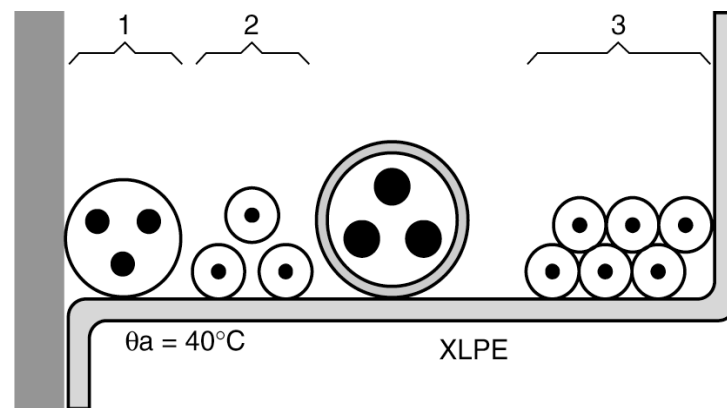
$$K1 = 1, K2 = 0,75, K3 = 0,91$$

$$K = K1 \times K2 \times K3 = 1 \times 0,75 \times 0,91 = 0,68$$

$$I_{lvmax} = 25A$$

$$K_{hc} I_{cpdd} \geq I_{lvmax} \Rightarrow I_{cpdd} \geq \frac{I_{lvmax}}{K_{hc}}$$

$$I_{cpdd} \geq \frac{25}{0,68} = 36,8A$$



Tiết diện dây sẽ được tìm như sau

➤ Ở cột PR3 ứng với mã chữ cái E và giá trị 42A (giá trị gần nhất và lớn hơn 36,8A) chọn dây đồng với tiết diện 4mm²

➤ Nếu chọn dây nhôm sẽ là 6mm² có dòng 43A

		Cách điện và số dây										
		Cao su hoặc PVC			Butyl hoặc XLPE hoặc EPR							
Mã chữ cái	B	PVC3	PVC2		PR3		PR2				B	Mã chữ cái
	C		PVC3		PVC2	PR3		PR2			C	
	E			PVC3		PVC2	PR3		PR2		E	
	F				PVC3		PVC2	PR3		PR2	F	
Tiết diện cắt ngang dây đồng (mm ²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26		1,5	Tiết diện cắt ngang dây đồng (mm ²)
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36		2,5	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	4		
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	6		
	10	50	57	60	63	70	75	80	86		10	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	161	16	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	200	25	
	35	110	119	126	138	147	158	169	185		35	

Tiết diện cắt ngang dây nhôm (mm ²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28		2,5	Tiết diện cắt ngang dây nhôm (mm ²)
	4	22	25	26	28	31	33	35	38		4	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49		6	
	10	39	44	46	49	54	59	62	67		10	
	16	53	59	61	66	73	79	84	91		16	
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121	25	
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	150	35	
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	184	50	



Xác định cỡ dây cho dây chôn dưới đất

$$K_{hc} = K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7$$

Cách lắp đặt	K4
Đặt trong ống bằng đất nung, ống ngầm hoặc rãnh đúc	0,8
Trường hợp khác	1

Số dây đặt kề nhau	K5											
	số mạch hoặc cáp nhiều lõi											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
Chôn ngầm	1	0,8	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,52	0,5	0,45	0,41	0,38

Nếu cáp được đặt thành nhiều lớp, K5 được nhân với: **2 lớp : 0,8 ; 3 lớp : 0,73**

Tính chất của đất	K6
rất ướt (bão hòa)	1,21
ướt	1,13
ẩm	1,05
khô	1
rất khô	0,86

t ^o đất °C	cách điện	
	PVC	XLPE, EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,8
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65

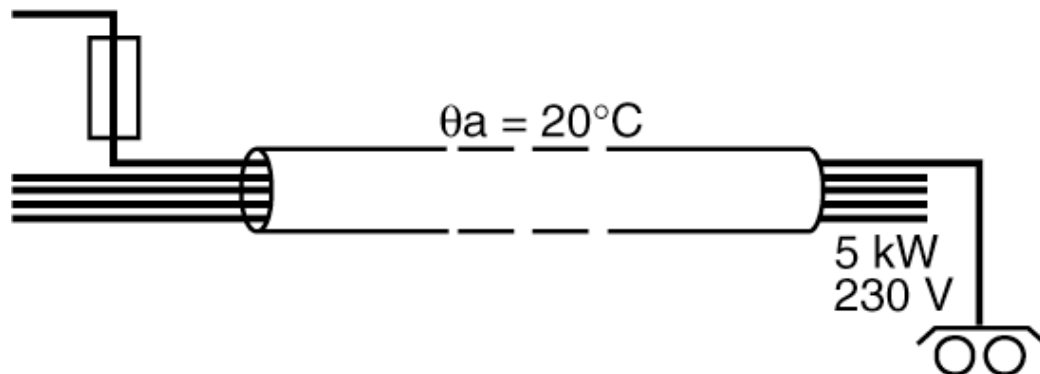


Ví dụ

Dây 1 pha, 220V đặt với 4 dây khác trong ống ngầm. Nhiệt độ đất 20°C. Dây bọc PVC và cấp cho tải chiếu sáng 5kW.

$$K_4 = 0,8 ; K_5 = 0,6 ; K_6 = 1,0 ; K_7 = 1,0$$

$$K = K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7 = 0,48$$



$$I_{lv\max} = \frac{5000}{220} = 22,73A$$

$$I_{cpdd} \geq \frac{I_{lv\max}}{K_{hc}} = \frac{22,73}{0,48} = 47,35A$$

Tiết diện dây dẫn

- Ở cột PVC, 2 dây, dòng 54A thích ứng với dây đồng 4 mm².
- Nếu dùng dây nhôm, từ I_{cpdd} chọn tiết diện 10mm² với dòng cho phép lâu dài là 68A.

		Cách điện và số dây			
		Cao su hoặc PVC		Bytyl hoặc XLPE, hoặc EPR	
		3 dây	2dây	3 dây	2 dây
Tiết diện dây đồng (mm ²)	1,5	26	32	31	37
	2,5	34	42	41	48
	4	44	54	53	63
	6	56	67	66	80
	10	74	90	87	104
	16	96	116	113	136
	25	123	148	144	173
	35	147	178	174	208
	50	174	211	206	247
	70	216	261	254	304
	95	256	308	301	360
	120	290	351	343	410
Tiết diện dây nhôm (mm ²)	10	57	68	67	80
	16	74	88	87	104
	25	94	114	111	133
	35	114	137	134	160
	50	134	161	160	188
	70	167	200	197	233
	95	197	237	234	275
	120	224	270	266	314



4.2 Chọn dây dẫn trong mạng hạ thế theo điều kiện phát nóng và phối hợp với thiết bị bảo vệ

2. Theo điều kiện bảo vệ: tiết diện được lựa chọn phải thỏa điều kiện bảo vệ

$$I'_{cpdd} = K_{hc} I_{cpdd} \geq I_{BVnhiet}$$

$I_{BVnhiet}$ - dòng ngưỡng bảo vệ nhiệt (chống quá tải) của các thiết bị bảo vệ (CB/CC)

K_{hc} – hệ số hiệu chỉnh khi chọn tiết diện dây

Chọn dây dẫn thỏa mãn cả hai điều kiện, nếu theo điều kiện 2 không có trong cataloge thì chọn giá trị không nhỏ hơn điều kiện 1



4.2.4 Chọn dây dẫn trong mạng hạ thế theo điều kiện phát nóng và phối hợp với thiết bị bảo vệ

Kiểm tra điều kiện sụt áp

- ✓ Chọn dây theo điều kiện phát nóng chưa xét đến tổn thất điện áp trên mạng điện
- ✓ Tổng tổn thất max trên mạng điện không vượt quá giá trị tiêu chuẩn

Tiêu chuẩn về $\Delta U_{cp}\%$

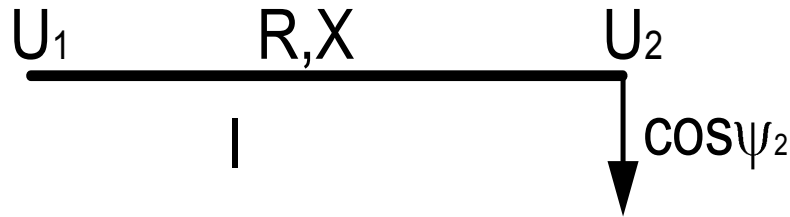
- Đường dây điện áp 6-10kV: 5%
- Hệ thống chiếu sáng +5%; -2.5%.
- Mạng công nghiệp chế độ làm việc bình thường: 5%
- Mạng công nghiệp chế độ khởi động : 8%
- ✓ Sụt áp sẽ được tính theo đường dây từ thanh cái của TPPC hoặc đầu MBA đến thiết bị

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{dm}} \times 100$$



4.2.5. Xác định tổn thất điện áp trên đường dây

- ✓ Đường dây trong lưới hạ thế chỉ có R và X
- ✓ Để xác định tổn hao điện áp trên đường dây điện 3 pha sử dụng sơ đồ thay thế 1 sợi

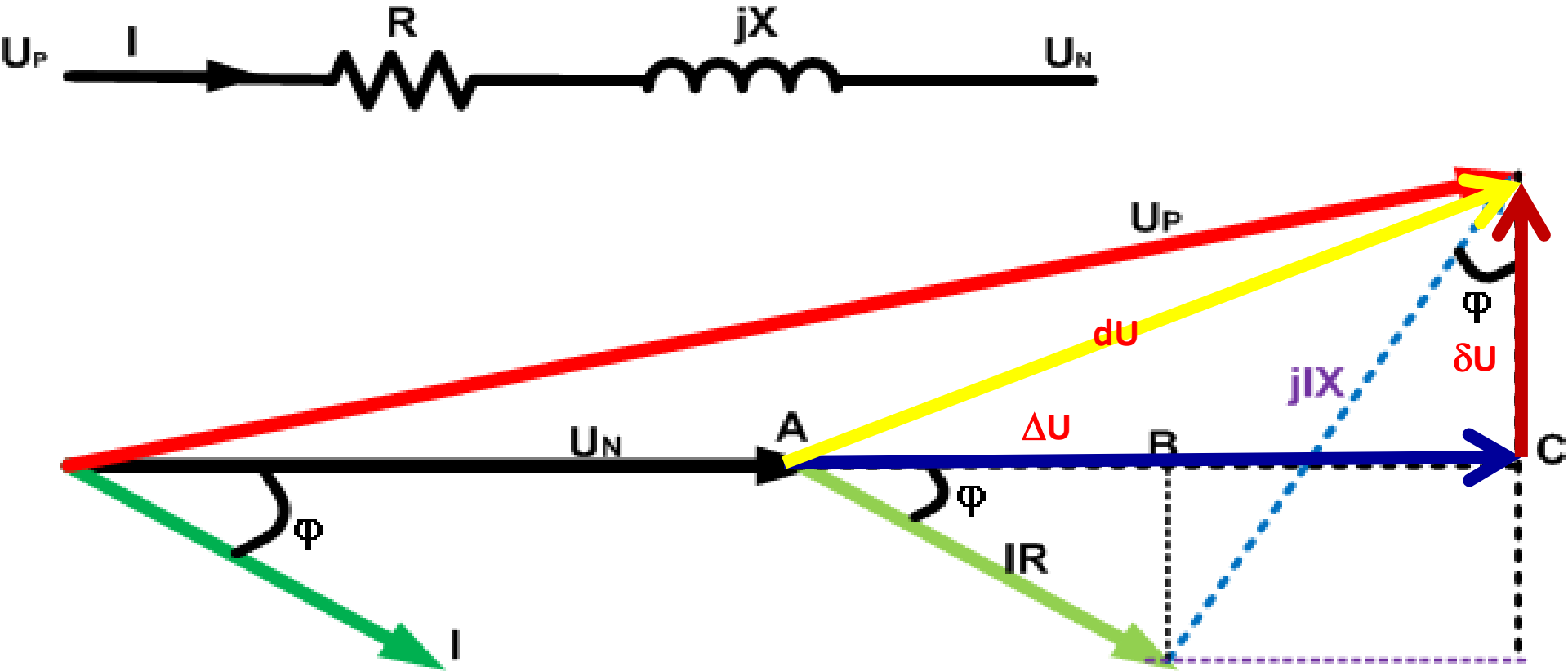


$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 + \dot{I} \dot{Z} = \dot{U}_2 + \dot{I} (R + jX)$$



4.2.5. Xác định tổn thất điện áp trên đường dây

Tổn thất điện áp trên 1 dây dẫn điện

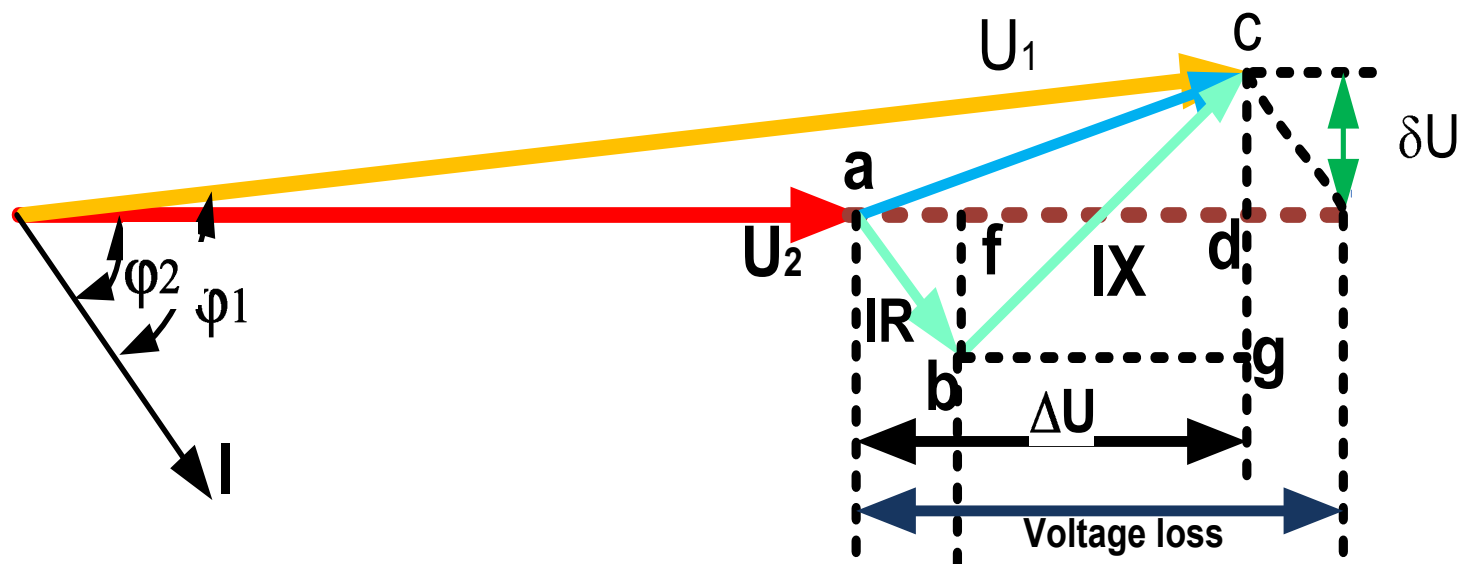


$$\dot{U}_p = \dot{U}_N + \dot{I} \times (R + jX) = \dot{U}_N + dU$$



4.2.5. Xác định tổn thất điện áp trên đường dây

Giản đồ vector điện áp



Thành phần dọc trục ΔU

$$ad = \Delta U_{\varphi} = af + fd = IR \cos \varphi_2 + IX \sin \varphi_2$$

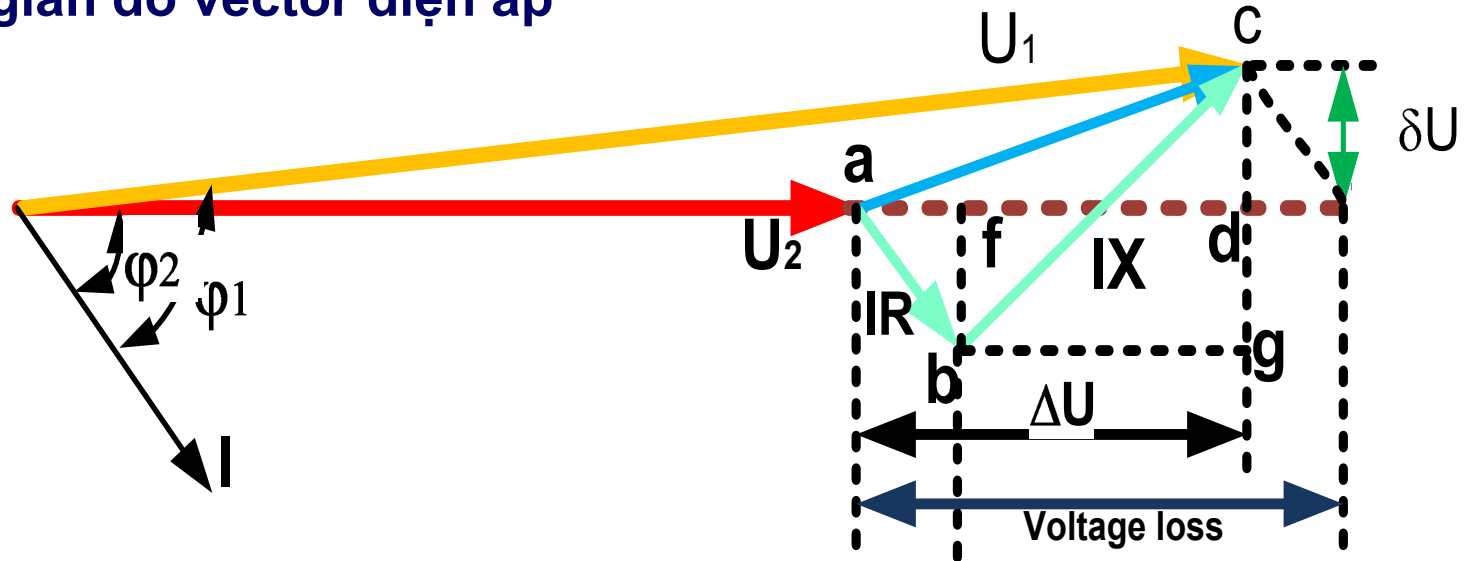
Tính trên mạng 3 pha , xét sụt áp dây

$$\Delta U = \sqrt{3}I(R \cos \varphi_2 + X \sin \varphi_2)$$



4.2.5. Xác định tổn thất điện áp trên đường dây

Xây dựng giản đồ vector điện áp



Thành phần ngang trực δU

$$cd = \delta U_{\varphi} = cg - dg = cg - bf = IX \cos \varphi_2 - IR \sin \varphi_2$$

Tính trên mạng 3 pha, xét sụt áp dây

$$\delta U = \sqrt{3}I(X \cos \varphi_2 - R \sin \varphi_2)$$



4.2.5. Xác định tổn thất điện áp trên đường dây

❑ Biến đổi công thức tính sụt áp theo P , Q trên đường dây

$$\Delta U = \frac{P_1 R + Q_1 X}{U_1} \approx \frac{P_2 R + Q_2 X}{U_2}$$

$$\delta U = \frac{P_1 X - Q_1 R}{U_1} \approx \frac{P_2 X - Q_2 R}{U_2}$$

❑ Đường dây điện áp $U \leq 35kV$ có thể bỏ qua δU

$$U_1 = U_2 + \frac{P_2 R + Q_2 X}{U_2};$$

$$U_2 = U_1 - \frac{P_1 R + Q_1 X}{U_1}$$

❑ Đường dây một pha có dây đi và về giống hệt nhau , cùng dòng điện I

$$\Delta U = 2I(R \cos \varphi_2 + X \sin \varphi_2); \quad \Delta U = 2 \frac{P_1 R + Q_1 X}{U_1} \approx 2 \frac{P_2 R + Q_2 X}{U_2}$$



4.2.5. Xác định tổn thất điện áp trên đường dây

Đối với lưới điện hạ áp

$$\Delta U = \frac{P_1 R + Q_1 X}{U_{dm_luoi}} \approx \frac{P_2 R + Q_2 X}{U_{dm_luoi}}$$

$$U_1 = U_2 + \frac{P_2 R + Q_2 X}{U_{dm_luoi}}$$

$$U_2 = U_1 - \frac{P_1 R + Q_1 X}{U_{dm_luoi}}$$

Trường hợp tổng quát

$$\Delta U \% = \frac{100}{U_{dm_luoi}^2} \sum_{i=1}^n (P_i R_i + Q_i X_i)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \sum_{i=1}^n (I_i R_i \cos \varphi_i + I_i X_i \sin \varphi_i)$$

4.2.7. Kiểm tra điều kiện tổn thất điện áp

$$\sum_{i=1}^n \Delta U_i = \Delta U_{\max} \leq \Delta U_{\text{cp}}$$

Tiêu chuẩn tổn hao điện áp $\Delta U\%$

- Đường dây điện áp 6-10kV: 5%
- Hệ thống chiếu sáng +5%; -2.5%.
- Mạng công nghiệp chế độ làm việc bình thường: 5%
- Mạng công nghiệp chế độ khởi động : 8%
- ✓ Sụt áp sẽ được tính theo đường dây từ thanh cái của TPPC hoặc đầu MBA đến đầu cực thiết bị



4.2.8 Chọn dây dẫn trong mạng hạ thế theo điều kiện độ bền nhiệt khi có dòng ngắn mạch

- ✓ Chỉ áp dụng cho thanh góp và các thiết bị trong tủ điện

$$i_{xk} \leq i_{co_dm}$$



4.3. Xác định tổn thất công suất trong mạng điện

- ✓ Tổng tổn thất công suất trong lưới điện chiếm 10-20%, một phần tổn thất này trong dây dẫn và máy biến áp

$$\Delta P = 3I^2 R = \frac{S^2}{U^2} R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi} R$$

$$\Delta Q = 3I^2 X = \frac{S^2}{U^2} X = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X = \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi} X$$



4.3. Xác định tổn thất điện năng trong mạng điện

Xác định tổn thất điện năng

- ✓ Nếu công suất tải không đổi thì tổn thất điện năng trong thời gian t được xác định

$$\Delta A_P = 3I^2 R t$$

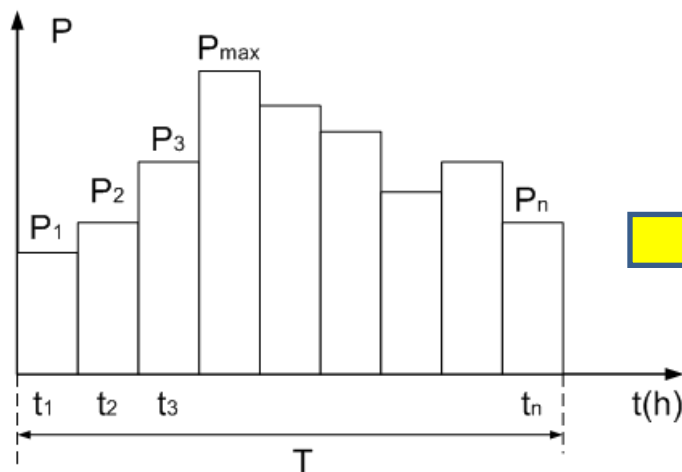
$$\Delta A_Q = 3I^2 X t$$

- ✓ Thực tế tải thay đổi vì vậy tổn thất điện năng sẽ phải tính gần đúng, có thể dựa vào phương pháp đồ thị phụ tải

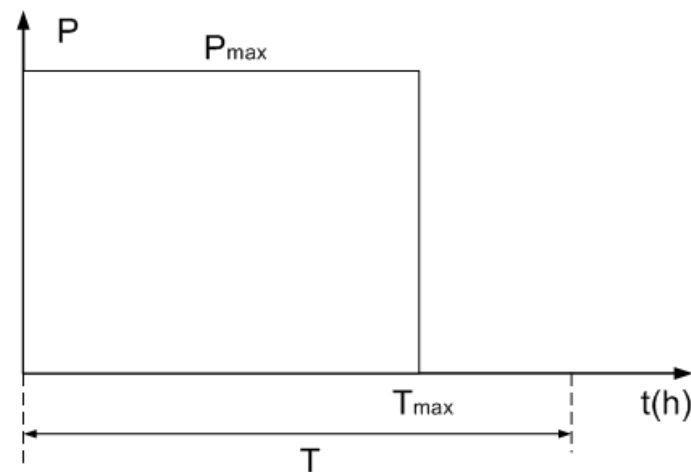


4.3. Xác định tổn thất điện năng trong mạng điện

Điện năng tiêu thụ



$$A_P = \sum_{i=1}^n P_i \times t_i$$

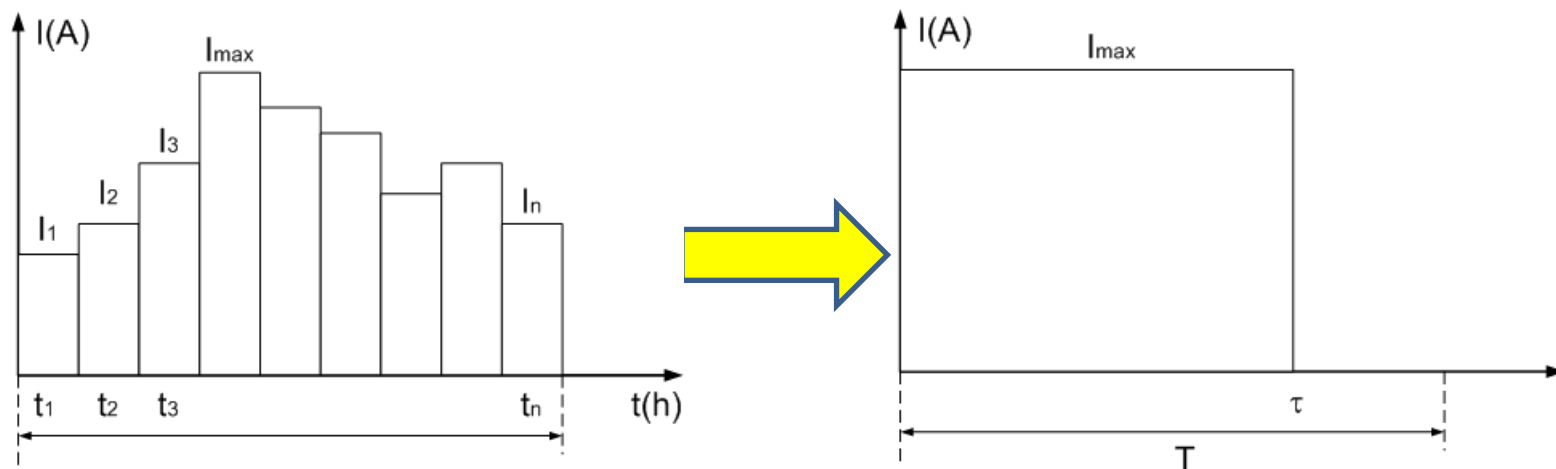


$$A_P = P_{\max} T_{\max}$$

T_{\max} : thời gian công suất cực đại, trong khoảng thời gian đó phụ tải cực đại P_{\max} tiêu thụ lượng điện năng đúng bằng lượng điện năng phụ tải thực tế tiêu thụ trong khoảng thời gian khảo sát T



4.3. Xác định tổn thất điện năng trong mạng điện



$$A_p = 3R \sum_{i=1}^n I_i^2 \times t_i$$

$$A_p = 3RI_{\max}^2 \tau$$

τ : thời gian đó dòng cực đại I_{\max} gây ra tổn hao điện năng đúng bằng lượng tiêu hao do dòng thực tế gây ra trong suốt thời gian khảo sát T



4.3. Xác định tổn thất điện năng trong mạng điện

Xác định tổn hao điện năng bằng 2 cách

- ✓ Theo dòng điện trung bình bình phương
- ✓ Theo dòng điện cực đại



4.3. Xác định tổn thất điện năng trong mạng điện

Theo dòng điện trung bình bình phương

$$I_{tbbp} = k_{hd} I_{tb} = k_{hd} \frac{W}{T \sqrt{3} U_{luoi} \cos \varphi}$$

$$\Delta P_{tb} = 3 I_{tbbp}^2 R \quad \Delta Q_{tb} = 3 I_{tbbp}^2 X$$

K_{hd} - hệ số hình dáng (1,02-1,15)

$$\Delta A_P = 3 I_{tbbp}^2 R T \quad \Delta A_Q = 3 I_{tbbp}^2 X T$$



4.3. Xác định tổn thất điện năng trong mạng điện

Theo dòng điện cực đại

$$\Delta A_P = 3I_{\max}^2 R \tau = \Delta P_{\max} \tau \quad \Delta A_Q = 3I_{\max}^2 X \tau = \Delta Q_{\max} \tau$$

Nếu có đồ thị phụ tải

$$\tau = \frac{\sum I_i^2 t_i}{I_{\max}^2}$$

$$T_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i t_i}{P_{\max}} = \frac{A_P}{P_{\max}}$$

$$\tau = \frac{\sum P_i^2 t_i}{P_{\max}^2}$$

$$T_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n I_i t_i}{I_{\max}}$$



4.3. Xác định tổn thất điện năng trong mạng điện

Xác định T_{\max} và τ năm

$$\tau = 8760 * \left(0.124 + \frac{T_{\max}}{10^4}\right)^2 \quad T_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i t_i}{P_{\max}} = \frac{W_{\Sigma}}{P_{\max}}$$

$T_{\max}, \text{ч}$	$\tau, \text{ч}$	$T_{\max}, \text{ч}$	$\tau, \text{ч}$
3000	1300	5500	3650
3500	1650	6000	4300
4000	2000	6500	5000
4500	2500	7000	5700
5000	3000	7500	6450



4.3. Xác định tổn thất điện năng trong mạng điện

✓ Nếu thời gian khảo sát nhỏ hơn 1 năm

$$\tau = 2T_{\max} - T + \frac{T - T_{\max}}{1 + \frac{T_{\max}}{T} - \frac{2P_{\min}}{P_{\max}}} * \left(1 - \frac{P_{\min}}{P_{\max}}\right)^2$$



4.3. Xác định tổn thất điện năng trong mạng điện

Quan hệ giữa dòng cực đại và dòng trung bình bình phương

$$I_{tbbp} = \left(0.012 + \frac{T_{\max}}{10000}\right) I_{\max}$$

$$I_{tbbp} = I_{\max} \sqrt{\frac{\tau}{8760}}$$



Bài tập

Bài tập 1

Xác định tổn hao công suất tác dụng, phản kháng và tổn hao điện năng của đường dây 10kV chiều dài 2km, $R_{01}=0.208\Omega/\text{km}$ $X_{01}=0.079\Omega/\text{km}$. Thông số tải $S=3+j1.3(\text{MVA})$ và $T_{\max}=2900\text{h}$



Bài tập 2

Xác định tổn hao điện năng trong 01 năm trên dây dẫn AC điện áp 6 kV, chiều dài dây dẫn là 8.2 km, tiết diện dây dẫn là 95mm² ($R_0=0.33 \Omega/\text{km}$). Điện năng tiêu thụ trong một năm là 4980 MWh, với tải cực đại $I_{2\max}=100 \text{ A}$ và $\cos\varphi=0.8$. $K_{\text{hd}}=1.05$ (giải bằng 2 cách)



4.4 Tổn hao công suất và điện năng trong MBA



4.4 .1 Tổn hao công suất trong một MBA

Tổn hao công suất tác dụng : gồm tổn hao do phát nóng cuộn dây, phụ thuộc vào dòng điện tải và tổn hao trong lõi thép không phụ thuộc vào tải ΔP_0

$$\Delta P_{MBA} = \frac{P^2 + Q^2}{U_{MBA}^2} R_{MBA} + \Delta P_{Fe} = \frac{P^2 + Q^2}{U_{MBA}^2} R_{MBA} + \Delta P_0$$

$$\Delta P_{MBA} = \Delta P_{NM} \left(\frac{S}{S_{DM_MBA}} \right)^2 + \Delta P_0 = \Delta P_{NM} K_{PT_MBA}^2 + \Delta P_0$$

$\Delta P_0(\%)$ - Tổn hao không tải của MBA

$\Delta P_{NM}(\%)$ – Tổn hao ngắn mạch MBA

K_{pt} hệ số mang tải MBA ($K_{pt} = S_{tải} / S_{đmB}$)



4.4.1 Tổn hao công suất trong một MBA

Tổn hao công suất phản kháng : gồm tổn hao do điện kháng cuộn dây MBA , và tổn hao do mạch từ

$$\Delta Q_{MBA} = \Delta Q + \Delta Q_{\mu} = \frac{P^2 + Q^2}{U_{MBA}^2} X_{MBA} + \Delta Q_0$$

$$\Delta Q_{\mu} = \Delta Q_0 = \frac{I_0 \%}{100} S_{DM_MBA}$$

Tổng tổn hao công suất phản kháng

$$\Delta Q_{MBA} = 3I^2 X_{MBA} + \Delta Q_0 = 3I^2 \frac{U_{NM}}{100} \frac{U_{DM_MBA}^2}{S_{DM_MBA}} + \frac{I_0 \%}{100} S_{DM_MBA}$$

$$\Delta Q_{MBA} = \frac{S_{DM_MBA}}{100} (U_{NM} K_{PT_MBA}^2 + I_0 \%)$$

$I_0(\%)$ - Dòng điện không tải của MBA

$U_{NM}(\%)$ - điện áp ngắn mạch MBA



4.4.2 Tổn hao điện năng trong một MBA

Tổn hao điện năng tác dụng

$$\Delta A_{P_MBA} = \Delta P_{NM} \left(\frac{S_{max}}{S_{DM_MBA}} \right)^2 \tau + \Delta P_0 T = \Delta P_{NM} K_{PT_MBA_max}^2 \tau + \Delta P_0 T$$

Tổn hao điện năng phản kháng

$$\Delta A_{Q_MBA} = \Delta Q \tau + \Delta Q_0 T = \frac{S_{DM_MBA}}{100} (U_{NM} K_{PT_MBA_max}^2 \tau + I_0 T)$$

S_{max} là công suất cực đại

T : thời gian khảo sát



4.4.2 Tổn hao điện năng trong một MBA

Tổn hao điện năng tác dụng

$$\Delta A_{P_MBA} = \Delta P_{NM} \left(\frac{S_{tbbp}}{S_{DM_MBA}} \right)^2 T_{load} + \Delta P_0 T = \Delta P_{NM} K_{PT_MBA_max}^2 T_{load} + \Delta P_0 T_{on}$$

Tổn hao điện năng phản kháng

$$\Delta A_{Q_MBA} \approx \Delta Q T_{load} + \Delta Q_{\mu} T_{on} = \frac{S_{DM_MBA}}{100} (U_{NM} K_{PT_MBA_max}^2 T_{load} + I_0 T_{on})$$

S_{max} - là công suất cực đại

T_{on} - thời gian máy biến áp nối lưới

T_{load} - thời gian máy biến áp mang tải



4.4.3 Tổn hao điện năng trong n MBA

Tổn hao công suất trong n-MBA giống nhau làm việc song song

Tổn hao công suất tác dụng

$$\Delta P_B = n \Delta P_{NM} \left(\frac{S_{\max}}{n S_{\text{đmB}}} \right)^2 + n \Delta P_0 = \frac{1}{n} \Delta P_{NM} (K_{\text{tai max}})^2 + n \Delta P_0$$

Tổn hao công suất phản kháng

$$\Delta Q_B = n \Delta Q_0 + n \Delta Q_\mu = \frac{S_{\text{đmB}}}{100} \left(n U_{NM} \left(\frac{S_{\max}}{n S_{\text{đmB}}} \right)^2 + n I_0 \right)$$



4.4.3 Tổn hao điện năng trong n MBA

n-MBA giống nhau làm việc song song

Tổn hao điện năng tác dụng

$$\Delta A_{P-B} = n \Delta P_{NM} \left(\frac{S_{\max}}{n S_{\text{đmB}}} \right)^2 \tau + n \Delta P_0 T = \frac{1}{n} \Delta P_{NM} (K_{\text{tai max}})^2 \tau + n \Delta P_0 T$$

Tổn hao điện năng phản kháng

$$\Delta Q_B = n \Delta Q_{\max} \tau + n \Delta Q_{\mu} T = \frac{S_{\text{đmB}}}{100} \left(\frac{1}{n} U_{NM} (K_{\text{tai max}})^2 \tau + n I_0 T \right)$$



Bài tập

Bài tập

Cho một TBA có 2 MBA thông số 110/22 kV $S_{dm_MBA}=16MVA$, tải tính toán

$P_{max}=20MW$, $\cos\varphi=0.9$, $Tmax=5000$ giờ. $\Delta P_{NM}=85$ kW, $\Delta P_0=18$ kW, $I_0=0.7\%$,

$U_{NM}=10.5\%$.

Xác định tổn hao công suất tác dụng, phản kháng và điện năng trong năm



Bài tập

Cho MBA 10/0.4 kV $S_{dm_MBA}=400$ kVA, tải cực đại là 295 kVA, $\cos\varphi=0.8$, $T_{max}=3500$ giờ. $\Delta P_{NM}=5.5$ kW, $\Delta P_0=1.08$ kW, $I_0=2.1\%$, $U_{NM}=4.5\%$.

1. Xác định tổn hao công suất tác dụng, công suất phản kháng cực đại MBA
2. Xác định tổn hao điện năng tác dụng và phản kháng trong một năm của MBA.



Bài tập

Cho trạm hạ áp chính gồm 2 MBA 10/0.4 kV vận hành song song $S_{dm_MBA}=560$ kVA, tải cực đại của trạm là 1000 kVA, $\cos\varphi=0.8$. Thông số máy biến áp $\Delta P_{NM}=9.4$ kW, $\Delta P_0=2.5$ kW, $I_0=6\%$, $U_{NM}=5.5\%$.

1. Xác định tổn hao công suất tác dụng, công suất phản kháng khi tải cực đại
2. Xác định tổn hao điện năng tác dụng và phản kháng trong một năm của MBA (bằng 2 cách)

