

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «МАРІУПОЛЬСЬКИЙ БУДІВЕЛЬНИЙ КОЛЕДЖ»

Завдання для самостійної роботи

з дисципліни
«Електротехніка в будівництві»

спеціальність 6.06010101
"Будівництво і експлуатація будівель і споруд"

Завдання для самостійного розв'язання з тем 11-13

Завдання 1.

Розрахувати тип і потужність силового трансформатора 6/0,4 кВ для трансформаторної підстанції, що живить групу споживачів загальною встановленою потужністю P_v при коефіцієнті попиту K_c й коефіцієнті потужності $\cos \varphi$; визначити величину компенсованої реактивної потужності.

Варіант	P_v , кВт	K_c	$\cos \varphi$
0	79	0.65	0.75
1	80	0.7	0.8
2	81	0.75	0.8
3	82	0.8	0.8
4	83	0.85	0.8
5	84	0.9	0.8
6	85	0.7	0.85
7	86	0.75	0.85
8	87	0.8	0.85
9	88	0.85	0.85
10	89	0.9	0.85
11	90	0.7	0.9
12	91	0.75	0.9
13	92	0.8	0.9
14	93	0.85	0.9
15	94	0.9	0.9
16	490	0.7	0.8
17	500	0.75	0.8
18	510	0.8	0.8
19	520	0.85	0.8
20	530	0.9	0.8
21	540	0.7	0.85
22	550	0.75	0.85
23	560	0.8	0.85
24	570	0.85	0.85
25	580	0.9	0.85
26	590	0.7	0.9
27	600	0.75	0.9
28	610	0.8	0.9
29	620	0.85	0.9

Варіант	P_V , кВт	K_C	$\cos \varphi$
30	630	0.9	0.9

Рекомендації з розв'язку.

Завдання по темі 11 «Передача електроенергії й основи електроспоживання».

При визначенні потужності трансформатора необхідно одночасно вирішувати питання про компенсацію реактивної потужності.

Для забезпечення величини реактивної потужності не вище економічного значення $Q_3 = 0,33 P_p$ решту реактивної потужності, якщо така є, треба скомпенсувати. Потужність, яка підлягає компенсації, визначається з розрахунку:

$$Q_C = Q_P - Q_3 = P_p (\operatorname{tg} \varphi - 0,33).$$

При компенсації на стороні 0,4 кВ виходить розрахункова потужність трансформатора:

$$S_T = \frac{\sqrt{P_P^2 + Q_E^2}}{B} \quad (11.7)$$

де P_p - розрахункова активна потужність навантаження, кВт; $Q_3 = Q_P - Q_C$ - розрахункова реактивна потужність навантаження, квар; Q_3 - реактивна економічна потужність енергосистеми (як правило, $Q_3 = 0,33 P_p$); B - коефіцієнт завантаження трансформатора (для одноструматорної підстанції $B = 0,95 \dots 1,0$).

Виходячи із загальної встановленої потужності P_V при коефіцієнті попиту K_C знаходимо по формулі (11.2) розрахункову активну потужність

$$P_P = P_V K_C$$

Розрахункову реактивну потужність (Q_P) визначаємо по формулі (11.3)

$$Q_P = P_P \operatorname{tg} \varphi.$$

Економічну реактивну потужність енергосистеми ухвалюємо рівною $Q_3 = 0,33 P_p$.

Якщо розрахункова реактивна потужність перевищує економічне значення (тобто $\operatorname{tg} \varphi > 0,33$), то різницю треба скомпенсувати:

$$Q_C = Q_P - Q_E = P_P(\operatorname{tg}\varphi - 0,33).$$

Коефіцієнт завантаження трансформатора ухвалюємо $B=0,95$.
При знаходженні $\operatorname{tg}\varphi$ по відомому $\cos\varphi$ беремо до уваги, що

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2\varphi}}{\cos\varphi}.$$

Промисловість випускає трифазні силові трансформатори по певній шкалі потужностей: 10; 16; 25; 40; 63; 100; 250; 400; 630; 1000; 1600 кВА. Тому отримане значення розрахункової потужності трансформатора округляємо до найближчого більшого з наведеного вище списку.

Розв'язок варіанта 0.

Виходячи із загальної встановленої потужності P_V групи споживачів при коефіцієнті попиту K_C знаходимо по формулі (11.2) розрахункову активну потужність

$$P_P = P_V K_C = 79 \cdot 0,65 = 51,35 \text{ (кВт)};$$

Розрахункову реактивну потужність (Q_P) визначаємо по формулі (11.3)

$$Q_P = P_P \operatorname{tg}\varphi = 51,35 \cdot 0,88 = 45,29 \text{ квар.}$$

При знаходженні $\operatorname{tg}\varphi$ по відомому $\cos\varphi$ беремо до уваги, що

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2\varphi}}{\cos\varphi} = \frac{\sqrt{1 - 0,75^2}}{0,75} \approx 0,88.$$

Через те, що $\operatorname{tg}\varphi = 0,88 > 0,33$, необхідна компенсація зайвої реактивної потужності

$$Q_C = Q_P - Q_E = P_P(\operatorname{tg}\varphi - 0,33) = 51,35 \cdot (0,88 - 0,33) = 28,24 \text{ квар.}$$

Тоді реактивна потужність енергосистеми

$$Q_E = Q_P - Q_C = 45,29 - 28,24 = 17,05 \text{ квар.}$$

Коефіцієнт завантаження трансформатора для однострансформаторної підстанції ухвалюємо $B = 0,95$.

Розрахункову потужність трансформатора визначаємо по формулі (11.7):

$$S_T = \frac{\sqrt{P_P^2 + Q_3^2}}{B} = \frac{\sqrt{51,35^2 + 17,05^2}}{0,95} = \frac{\sqrt{2636,82 + 803,16}}{0,95} = 56,95 \text{ кВА.}$$

Промисловість випускає трифазні силові трансформатори по певній шкалі потужностей: 10; 16; 25; 40; 63; 100; 250; 400; 630; 1000; 1600 кВа. Тому отримане значення розрахункової потужності трансформатора округляємо до найближчого більшого з наведеного вище списку.

Таким чином, вибираємо комплектну трансформаторну підстанцію із трифазним понижувальним 6/0,4 кВ трансформатором потужністю 63 кВА – КТП63/6/0,4 (див. мал. 1).

Відповідь: вибираємо комплектну трансформаторну підстанцію КТП63/6/0,4, реактивна потужність, яка підлягає компенсації – 28,24 квар.



Мал. 1. Комплектна трансформаторна підстанція КТП63/6/0,4

Завдання 2.

Варіанти 1-15. Вибрати перетин жил шлангового трижильного мідного кабелю КГ (стара назва – КРПТ) для підключення асинхронного трифазного двигуна номінальною потужністю P_H , номінальна напруга живлення $U_H=380$ В. Перевірити обраний кабель на припустиму втрату напруги, якщо довжина кабелю $l=100$ м.

Варіант	P_H , кВт
0	6
1	7
2	8
3	9
4	10
5	11
6	12
7	13
8	14
9	15
10	27
11	28
12	29
13	30
14	31
15	32

Варіанти 16-30. Вибрати перетин жил шлангового трижильного мідного кабелю КГ (стара назва – КРПТ) для підключення електропривода баштового крана сумарною номінальною потужністю всіх електродвигунів P_Σ , номінальна напруга живлення двигунів $U_H=380$ В. Перевірити обраний кабель на припустиму втрату напруги, якщо довжина кабелю $l=100$ м.

Варіант	P_Σ , кВт
16	7
17	8
18	9
19	10
20	11
21	12
22	13
23	14

Варіант	P_{Σ} , кВт
24	15
25	27
26	28
27	29
28	30
29	31
30	32
31	33

Рекомендації з розв'язку.

Завдання по темі 12 « Електричні мережі будівельних майданчиків».

Вибір перетину проводів роблять по наступних двох факторах:

- по припустимому нагріванню проводів струмом (іншими словами по їхній пропускній здатності);
- по припустимій втраті напруги.

Із двох величин перетину, певних по двом зазначеним факторам, вибирають більше, округляючи його до найближчого стандартного перетину. (Усі проводи й кабелі випускаються нашою промисловістю по єдиній шкалі перетинів струмоведучих жил: 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400 мм²). При цьому для повітряних ліній вирішальним фактором виявляється, як правило, припустима втрата напруги, а для переносних шлангових кабельних ліній, електропроводок і підземних кабельних ліній невеликої довжини визначальною ознакою є їхня пропускна здатність (по припустимому нагріванню).

Вибір перетину переносних шлангових кабельних ліній рекомендується вести в такому порядку: спочатку визначати перетин по припустимим нагріванню й потім перевіряти на припустиму втрату напруги.

Значення розрахункової сили струму (I_P) для лінії, що живить окремий трифазний електродвигун номінальною потужністю P_H (варіанти 1 – 15) визначається по формулі

$$I_P = \frac{1000P_H k_3}{\sqrt{3}U_H \eta_D \cos \varphi} \quad (12.2)$$

де P_H - номінальна потужність електродвигуна, кВт; k_3 - коефіцієнт завантаження двигуна, ухвалюємо рівним 0,9; U_H - номінальна напруга двигуна (380 В); η_D - ККД двигуна (ухвалюємо рівним 0,85 для двигунів потужністю до 25 кВт і 0,9 для потужніших); $\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності двигуна (ухвалюємо рівним 0,8 для двигунів потужністю до 25 кВт і 0,9 для потужніших).

Значення розрахункової сили струму (I_p) для лінії, що живить електропривод баштового крана сумарною номінальною потужністю всіх електродвигунів P_Σ (варіанти 16 – 30) визначається по формулі

$$I_p = \frac{1000P_\Sigma k_c}{\sqrt{3}U_H \eta_d \cos \varphi} \quad (12.3)$$

де P_Σ - сумарна номінальна потужність усіх електродвигунів машини, кВт; k_c - коефіцієнт, що враховує різночасність роботи електродвигунів машини (коефіцієнт попиту для однієї машини), прийнятий рівним 0,8; U_H - номінальна напруга двигунів (380 В); η_d - ККД кранових двигунів (ухвалюємо рівним 0,8 для двигунів потужністю до 25 кВт і 0,85 для потужніших); $\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності кранових двигунів (ухвалюємо рівним 0,7 для двигунів потужністю до 25 кВт і 0,75 для потужніших).

Отримане значення розрахункового струму (I_p) порівнюємо із припустимим табличним значенням для прийнятих марок кабелю КРПТ (по таблиці 12.1). При виборі повинне дотримуватися умова

$$I_p \leq I_d \quad (12.1)$$

Отриманий кабель перевіряємо на припустиму втрату напруги.

Якщо задатися припустимою втратою напруги (5%), необхідний перетин визначаємо по формулі

$$S = \frac{Pl}{\Delta U} \frac{100000\rho}{U_H^2}, \quad (12.6)$$

де S - необхідний перетин проведення, мм²; P - номінальна потужність навантаження, кВт; l - довжина кабелю, м; ρ - питомий активний опір, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ (для міді – 0,0175); ΔU - припустима втрата напруги, %; U_H - номінальна напруга навантаження, ухвалюємо рівним 380 В. Розраховане значення S не повинне бути більше за значення, розраховане по таблиці 12.1. Якщо розраховане значення виявляється більше, ніж знайдене раніше по таблиці 12.1, вибираємо наступний (більший) перетин жил по таблиці 12.1, і знову порівнюємо його з розрахованим по формулі (12.6) S .

Розв'язок варіанта 0.

Значення розрахункової сили струму (I_p) для лінії, що харчує трифазний електродвигун номінальною потужністю P_H визначаємо по формулі

$$I_p = \frac{1000 P_H k_3}{\sqrt{3} U_H \eta_D \cos \varphi} \quad (12.2)$$

де P_H - номінальна потужність електродвигуна, $P_H = 6$ кВт;

k_3 - коефіцієнт завантаження двигуна, ухвалюємо рівним 0,9;

U_H - номінальна напруга двигуна (380 В);

η_D - КПД двигуна, ухвалюємо рівним 0,85 для двигунів потужністю до 25 кВт і 0,9 для потужніших, у нашій випадку $\eta_D = 0,85$;

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності двигуна, ухвалюємо рівним 0,8 для двигунів потужністю до 25 кВт і 0,9 для потужніших, у нашій випадку $\cos \varphi = 0,8$.

$$I_p = \frac{1000 \cdot 6 \cdot 0,9}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85 \cdot 0,8} = 12,06 \text{ (A)}.$$

Отримане значення розрахункового струму (I_p) порівнюємо із припустимим табличним значенням для прийнятих марок кабелю КГ (КРПТ) (по таблиці 12.1).

Витяг з таблиці 12.1

Перетин жил, мм ²	Припустимий тривалий струм у трижильному шланговому кабелі КРПТ (мідні жили), А
2,5	28
4	36
6	45
10	60
16	80
25	105
35	130
50	160
70	200

Визначаємо, що розрахунковому струму до 28 А (під напругою 380 В) відповідає трижильний шланговий кабель КРПТ перетином жил 2,5 мм².

Отриманий кабель перевіряємо на припустиму втрату напруги.

Необхідний перетин визначаємо по формулі

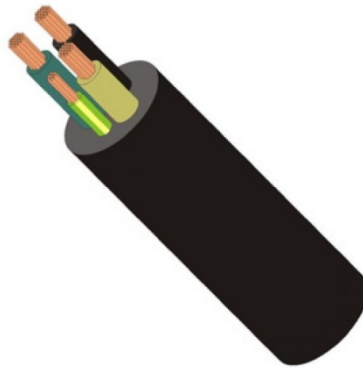
$$S = \frac{Pl}{\Delta U} \frac{100000\rho}{U_H^2}, \quad (12.6)$$

де S - необхідний перетин проводу, $S=2,5 \text{ мм}^2$;
 P - номінальна потужність навантаження, $P = 6 \text{ кВт}$;
 l - довжина кабелю, $l = 100 \text{ м}$;
 ρ - питомий активний опір, для міді $\rho = 0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;
 ΔU - припустима втрата напруги, $\Delta U = 5 \%$;
 U_H - номінальна напруга навантаження, 380 В .

$$S = \frac{Pl}{\Delta U} \frac{100000\rho}{U_H^2} = \frac{6 \cdot 100 \cdot 100000 \cdot 0,0175}{5 \cdot 380^2} = 1,45 \text{ мм}^2.$$

Розраховане значення S не перевищує значення, визначеного за таблицею 12.1: $1,45 \text{ мм}^2$ менше $2,5 \text{ мм}^2$, тому зупиняємося на перетині $2,5 \text{ мм}^2$ – вибираємо кабель КГ 3*2,5+1*1,5 (чотирижильний, три жили перетином $2,5 \text{ мм}^2$ і одна заземлююча жила $1,5 \text{ мм}^2$).

Відповідь: кабель КГ 3*2,5+1*1,5.



Мал. 2.1. Кабель КГ 3*2,5+1*1,5

Розв'язок варіанта 31.

Значення розрахункової сили струму для (I_P) лінії, що живить електропривод баштового крана сумарною номінальною потужністю всіх електродвигунів P_Σ визначаємо по формулі

$$I_P = \frac{1000P_\Sigma k_C}{\sqrt{3}U_H \eta_D \cos \varphi} \quad (12.3)$$

де P_{Σ} - сумарна номінальна потужність усіх електродвигунів машини, $P_{\Sigma} = 33$ кВт;
 k_C - коефіцієнт, що враховує різночасність роботи електродвигунів машини (коефіцієнт попиту для однієї машини), ухвалюємо рівним 0,8;
 U_H - номінальна напруга двигунів (380 В);
 η_D - КПД кранових двигунів (ухвалюємо рівним 0,8 для двигунів потужністю до 25 кВт і 0,85 для потужніших, $\eta_D=0,85$);
 $\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності кранових двигунів (ухвалюємо рівним 0,7 для двигунів потужністю до 25 кВт і 0,75 для потужніших, $\cos \varphi=0,75$).

$$I_P = \frac{1000 P_{\Sigma} k_C}{\sqrt{3} U_H \eta_D \cos \varphi} = \frac{1000 \cdot 33 \cdot 0,8}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85 \cdot 0,75} = 62,92 \text{ (А)}$$

Отримане значення розрахункового струму (I_P) порівнюємо із припустимим табличним значенням для прийнятих марок кабелю КГ (КРПТ) (по таблиці 12.1).

Витяг з таблиці 12.1

Перетин жил, мм ²	Припустимий тривалий струм у трижильному шланговому кабелі КРПТ (мідні жили), А
2,5	28
4	36
6	45
10	60
16	80
25	105
35	130
50	160
70	200

Визначаємо, що розрахунковому струму до 80 А (під напругою 380 В) відповідає трижильний шланговий кабель КРПТ перетином жил 16 мм².

Отриманий кабель перевіряємо на припустиму втрату напруги. Необхідний перетин визначаємо по формулі

$$S = \frac{Pl}{\Delta U} \frac{100000\rho}{U_H^2}, \quad (12.6)$$

де S - необхідний перетин проведення, $S = 16 \text{ мм}^2$;
 P - номінальна потужність навантаження, $P = 33 \text{ кВт}$;
 l - довжина кабелю, $l = 100 \text{ м}$;
 ρ - питомий активний опір, для міді $\rho = 0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;
 ΔU - припустима втрата напруги, $\Delta U = 5 \%$;
 U_H - номінальна напруга навантаження, 380 В .

$$S = \frac{Pl}{\Delta U} \frac{100000\rho}{U_H^2} = \frac{33 \cdot 100 \cdot 100000 \cdot 0,0175}{5 \cdot 380^2} = 8 \text{ мм}^2.$$

Розраховане значення S не повинне бути більше за значення, визначене по таблиці 12.1. У нашій випадку 8 мм^2 менше 16 мм^2 , тому зупиняємося на перетині 16 мм^2 – вибираємо кабель КГ 3*16+1*10 (чотирижильний, три жили перетином 16 мм^2 і одна заземлююча жила 10 мм^2).

Відповідь: кабель КГ 3*16+1*10.



Мал. 2.2. Кабель КГ 3x16+1x10.

Завдання 3

Розрахувати необхідну потужність для прогріву бетону обсягом V від температури навколишнього повітря Θ_1 до температури прогріву Θ_2 при заданій швидкості підвищення температури бетону при прогріві $\frac{d\Theta}{dt}$.

Варіант	$V, \text{ м}^3$	$\Theta_1, \text{ }^\circ\text{C}$	$\Theta_2, \text{ }^\circ\text{C}$	$\frac{d\Theta}{dt}, \text{ }^\circ\text{C/год}$
0	9	0	40	10
1	10	0	40	10
2	10	0	40	20
3	10	0	80	10

Варіант	$V, \text{ м}^3$	$\Theta_1, \text{ }^\circ\text{C}$	$\Theta_2, \text{ }^\circ\text{C}$	$\frac{d\Theta}{dt}, \text{ }^\circ\text{C/год}$
4	10	0	80	20
5	10	-5	40	10
6	10	-5	40	20
7	10	-5	80	10
8	10	-30	40	10
9	10	-30	40	20
10	10	-30	80	10
11	15	0	40	10
12	15	0	40	20
13	15	0	80	10
14	15	0	80	20
15	15	-5	40	10
16	15	-5	40	20
17	15	-5	80	10
18	15	-30	40	10
19	15	-30	40	20
20	15	-30	80	10
21	20	0	40	10
22	20	0	40	20
23	20	0	80	10
24	20	0	80	20
25	20	-5	40	10
26	20	-5	40	20
27	20	-5	80	10
28	20	-30	40	10
29	20	-30	40	20
30	20	-30	80	10

Рекомендації з розв'язку.

Завдання по темі 13 «Електропрогрів бетону й електровідтавання ґрунту».

Розрахунки необхідної потужності (P) для електропрогріву бетону робимо по формулі:

$$P = \rho V \quad (14.1)$$

де ρ - питома потужність на 1 м^3 бетону, кВт/м^3 ; V - обсяг бетону, м^3 .

Питому потужність для електропрогріву бетонних конструкцій ρ визначаємо по таблиці 13.1 для відповідних значень температури навколишнього повітря

Θ_1 й температури прогріву Θ_2 (у чисельнику зазначені межі питомої потужності при швидкості підвищення температури при нагріванні $10^\circ\text{C}/\text{год}$, у знаменнику - $20^\circ\text{C}/\text{год}$). Вибираємо середнє значення із зазначеного в таблиці діапазону.

Розв'язок варіанта 0.

Розрахунки необхідної потужності (P) для електропрогріву бетону робимо по формулі:

$$P = \rho V \quad (14.1)$$

де ρ - питома потужність на 1 м^3 бетону, $\text{кВт}/\text{м}^3$;

V - обсяг бетону, $V = 9 \text{ м}^3$.

Питому потужність для електропрогріву бетонних конструкцій ρ визначаємо по таблиці 13.1 для відповідних значень температури навколишнього повітря $\Theta_1 = 0^\circ\text{C}$ и температури прогріву $\Theta_2 = 40^\circ\text{C}$ (у чисельнику зазначені межі питомої потужності при швидкості підвищення температури при нагріванні $10^\circ\text{C}/\text{год}$, у знаменнику - $20^\circ\text{C}/\text{год}$). У нашій задачі швидкість підвищення температури визначена $10^\circ\text{C}/\text{год}$, тому обираємо межі діапазону понад ризикою (в чисельнику); вибираємо середнє значення із зазначеного в таблиці діапазону $\rho = 8,5 \text{ кВт}/\text{м}^3$.

$$P = \rho V = 8,5 \cdot 9 = 76,5 \text{ кВт.}$$

Відповідь: необхідна потужність для прогріву бетону $76,5 \text{ кВт}$.



Мал. 3. Електропрогрів бетону