

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ВИРОБНИЦТВО, ТРАНСПОРТ ТА СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Методичні вказівки
до виконання курсового проекту
для студентів спеціальності
144 «Теплоенергетика»
(спеціалізація «Енергетичний менеджмент»)

КИЇВ 2018

УДК 31.261.8

B92

Укладачі: А.Д. Городжа, канд. техн. наук, професор,
І.М. Кравченко, асистент

Рецензент М.Г. Діктерук, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск Л.І. Мазуренко, д-р техн. наук

Затверджено на засіданні кафедри електротехніки та електроприводу, протокол № 6 від 4 грудня 2017 року.

Видається в авторській редакції.

Виробництво, транспорт та споживання електроенергії: методичні
B92 вказівки / уклад.: А.Д. Городжа, І.М. Кравченко. – К.: КНУБА, 2018. –
40 с.

Містять, зокрема, розрахунок навантажень, низьковольтних живильних і освітлювальних мереж, силової мережі, перевірку здатності розщеплювача автомата для розриву струму короткого замикання, заходи щодо підвищення коефіцієнта потужності та додатки. У додатках наведено приклади вирішення окремих питань роботи, схеми електричних мереж та довідковий матеріал.

Призначено для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» (спеціалізація «Енергетичний менеджмент») для практичного використання отриманих із курсу лекцій знань та їх подальшого закріплення.

© КНУБА, 2018

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

У процесі вивчення курсу студентами спеціальності 144 передбачено виконання курсового проекту з дисципліни «Виробництво, транспорт та споживання електроенергії», метою якого є закріплення теоретичних знань.

Ці методичні вказівки і додаткові нормативні та довідкові матеріали, які тут містяться, призначені допомогти студентам у процесі самостійної роботи з розрахунку навантажень електроспоживачів, визначення потужності силових трансформаторів і кількості трансформаторних підстанцій (ТП) і центрального розподільчого пункту (ЦРП), а також розрахунку високо- і низьковольтних мереж.

Курсовий проект необхідно виконувати із додержанням вимог Державних Стандартів. Об'єм роботи: один аркуш креслення формату А1 (дод. 1) та 15–20 сторінок пояснювальної записки.

1. РОЗРАХУНОК НАВАНТАЖЕНЬ

1.1. Для виконання завдання кожному студенту індивідуально видається генеральний план з експлікацією споруд (дод. 2).

1.2. Користуючись питомими показниками, приведеними в дод. 3, визначають навантаження на входах суспільних і комунальних будинків на генплані. Розрахункові навантаження для житлових будинків приведені в дод. 4. Силове навантаження враховується за даними технологічного проекту. Приймають: потужність електродвигуна ліфта $P = 5,5$ кВт при $\cos\varphi = 0,7$; потужність підвищуючого і циркуляційного насосів бойлерної $P_1 = 4,5$ кВт і $P_2 = 2,2$ кВт при $\cos\varphi = 0,8$.

Будемо вважати, що бойлери установлені в усіх будинках, а ліфти обладнані в будинках вище п'ятиповерхових.

1.3. За даними п.1.2 складають табл. 1.1.

У таблиці прийняті такі позначення: $\sum P$ – сумарна потужність на ввіді в будинок; K_C – коефіцієнт попиту; $\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності на ввіді в будинок; $P = \sum P \cdot K_C$ – розрахункова активна потужність на ввіді в будинок; $Q = P_P \cdot \operatorname{tg}\varphi$ – розрахункова реактивна потужність на вході в будинок.

Електричне навантаження на вводах у будівлях

№ пор.	Номер споруди по ген-плану	Кількість споживачів	Найменування споживачів електроенергії	$\sum P$, кВт	K_C	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	Розрахункове навантаження на вводі		
								P_P , кВт	Q_P , квар	S , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Значення коефіцієнтів попиту житлових будинків залежно від числа квартир приведені в дод. 5, а від числа електродвигунів ліфтів – у дод. 6. Для бойлерів коефіцієнт попиту $K_C = 0,7$.

Приклад підрахунку електричного навантаження на вводах у будинки житлового масиву приведений у табл. п. 7.1 дод. 7. На генплані стрілкою зазначені вводи і записана розрахункова потужність на вводі.

2. ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ТП

Проставивши на генплані потужності на входах приступаємо до вибору місця спорудження ТП і схеми електричного забезпечення споживачів електроенергії. При виборі місця розташування ТП потрібно керуватися такими міркуваннями:

1. ТП повинна знаходитися в центрі навантаження.
2. До ТП варто забезпечити вільний доступ, вона не повинна піддаватися механічним, термічним, хімічним та іншим небезпечним для її нормальної експлуатації впливам.

3. ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ НА ТП

Розташували на генплані місця ТП (10/0,4/0,23 кВ), складають табл. п. 7.2 дод. 7 для розрахунку потужностей трансформаторів.

При цьому необхідно мати на увазі, що середньозважений коефіцієнт потужності $\cos\varphi$ визначається за формулою:

$$\cos\varphi_{\text{ср}} = \frac{P_{P1}}{S} = \frac{P_{P1}}{\sqrt{P_P^2 + Q_P^2}}. \quad (1)$$

Удавану чи повну потужність трансформатора S рекомендується вибирати в межах 100÷1000 кВА (100, 160, 260, 400, 630 і 1000 кВА).

4. СХЕМИ ТП І ЖИВИЛЬНИХ МЕРЕЖ

У дод. 8 наведено схему комутації однотрансформаторної підстанції 10/0,4/0,23 кВ. Житлові масиви з будинками висотою до 5÷8 поверхів включно живляться за петльовою схемою (дод. 9, сх. а), а будинки висотою 9÷16 поверхів – за петльовою схемою з резервною перемичкою (дод. 9, сх. б). Вибір схеми електропостачання визначається умовами надійності електропостачання.

Щодо забезпечення надійності електропостачання електроприймачі розділяються на три категорії. Електроприймачі І категорії – це такі, припинення електропостачання яких може викликати небезпеку для життя людей, ушкодження дорогого основного устаткування, масовий брак продукції, порушення складного технологічного процесу і функціонування особливо важливих елементів комунального господарства, а також завдати значної шкоди державному або приватному майну.

Серед електроприймачів І категорії виділяється особлива група, безперебійна робота яких необхідна для безаварійної зупинки виробництва для попередження загрози життю людей, вибухів, пожеж та ушкодження дорогого основного устаткування. Електроприймачі І категорії повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних взаємно резервних джерел живлення, і припинення їхнього електропостачання при порушенні останнього від одного з джерел живлення може бути приєднаний лише на час автоматичного відновлення живлення. Для електропостачання особливої групи електроприймачів І категорії повинне передбачатися додаткове живлення від третього незалежного джерела живлення.

Класифікація електроприймачів за категоріями надійності електропостачання (стосовно розрахунково-графічного завдання) приведена в дод. 10.

5. МІСЦЕРОЗТАШУВАННЯ ЦРП

При подачі електроенергії напругою 35 кВ і розподілі електроенергії напругою 10 кВ у житловому масиві передбачається будівництво центрального розподільного пункту (ЦРП) (дод. 11). Місце розташування ЦРП у житловому масиві визначається за картограмою, де записуються координати всіх ТП, а потім обчислюють координати ЦРП за формулами:

$$X_{ЦРП} = \frac{\sum S_X}{\sum S}; \quad Y_{ЦРП} = \frac{\sum S_Y}{\sum S} \quad (2)$$

де $\sum S_X$ і $\sum S_Y$ – сума добутоків потужностей ТП по своїй координаті.

Координати ТП визначаються за генпланом, виконаному в масштабі.

6. РОЗРАХУНОК ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Мережі можуть бути радіальними і магістральними, розімкнутими і замкнутими залежно від категорії надійності.

Радіальні високовольтні мережі розраховуються за такою схемою:



Площу перетину кабелю вибирають за економічною щільністю:

$$S_{ЕК} = \frac{I_P}{J}, \quad (3)$$

де $S_{ЕК}$ – площа перетину проводів, мм²; I_P – розрахунковий струм,

$$I_P = \frac{S}{U \cdot \sqrt{3} \cdot J}. \quad (4)$$

J – економічна щільність струму, значення якої для різних провідників і кабелів приведені в дод. 12.

Вибравши площу перетину кабелю за економічною щільністю струму, необхідно його перевірити на припустиму втрату напруги за формулою

$$\Delta U = (I_P \cdot R_K \cdot \cos\varphi + I_P \cdot X_K \cdot \sin\varphi), \quad (5)$$

де $R_K = R_0 \cdot L$, $X_K = x_0 \cdot L$; L – довжина кабелю від джерела до споживача, км; R_0 , X_0 – відповідно активний і індуктивний опори кабелю, Ом/км (див. дод. 13); $\cos\varphi = P/S$, $\sin\varphi = Q/S$.

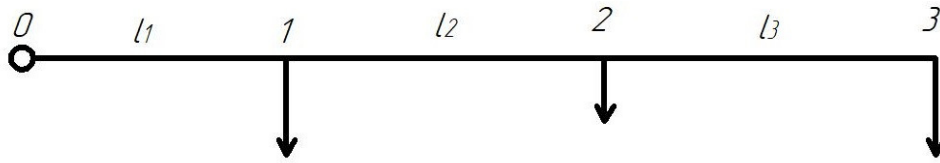
Втрата напруги визначається у відсотках від номінального,

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100, \quad (6)$$

значення якого рівні: 1 – у силових ланцюгах +5%; 2 – у освітлювальних мережах +3÷5 %; 3 – у живильних лініях високої напруги 5÷8 %; 4 – у живильних лініях в аварійних режимах +10÷12 %.

Приклад розрахунку мережі радіальної ЛЕП приведений у дод. 14.

Магістральні високовольтні мережі розраховуються за такою схемою:



Площу перетину кабелю вибирають за економічною щільністю струму на ділянках:

$$\begin{aligned} 0-1 \quad S_{01} &= S_1 + S_2 + S_3 = (P_1 + P_2 + P_3) + J(Q_1 + Q_2 + Q_3) = P_{01} + JQ_{01}; \\ 1-2 \quad S_{12} &= S_2 + S_3 = (P_2 + P_3) + J(Q_2 + Q_3) = P_{12} + JQ_{12}; \\ 2-3 \quad S_{23} &= S_3 = P_3 + JQ_3 = P_{23} + JQ_{23}. \end{aligned} \quad (7)$$

Для кожної ділянки визначають силу струму:

$$\left. \begin{aligned} I_{01} &= S_{01} / U \cdot \sqrt{3} \\ I_{12} &= S_{12} / U \cdot \sqrt{3} \\ I_{23} &= S_{23} / U \cdot \sqrt{3} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Обрана площа перетину кабелю перевіряється на припустимі втрати напруги:

$$\left. \begin{aligned} \Delta U_{01} &= \frac{(P_{01} \cdot R_{01} + Q_{01} \cdot X_{01})}{U}, \text{ де } R_{01} = R'_0 \cdot l_1; X_{01} = X'_0 \cdot l_1; \\ \Delta U_{12} &= \frac{(P_{12} \cdot R_{12} + Q_{12} \cdot X_{12})}{U}, \text{ де } R_{12} = R''_0 \cdot l_2; X_{12} = X''_0 \cdot l_2; \\ \Delta U_{23} &= \frac{(P_{23} \cdot R_{23} + Q_{23} \cdot X_{23})}{U}, \text{ де } R_{23} = R'''_0 \cdot l_3; X_{23} = X'''_0 \cdot l_3. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Загальна втрата напруги

$$\Delta U = \Delta U_{01} + \Delta U_{12} + \Delta U_{23} \leq \Delta U_{\text{доп.}} \quad (10)$$

Приклад розрахунку мережі магістральної ЛЕП приведений у дод. 15.

Якщо електроспоживачі живляться від двох джерел (трансформаторних підстанцій), необхідно визначити точку струморозподілу і площу перетину живильного кабелю (мережі) від підстанцій до точки струморозподілу. Потім варто перевірити придатність цієї мережі в аварійному режимі, коли одна з ТП вийде з ладу.

Потужність підстанцій визначають за формулами:

$$S_A = \frac{\sum S_i \cdot l_{Bi}}{\sum l_{A-B}}; S_B = \frac{\sum S_i \cdot l_{Ai}}{\sum l_{B-A}} \quad (11)$$

де S_i – потужність споживачів; l_{Bi}, l_{Ai} – відстань відповідно від ТП «Б» і «А» до споживача S_i ; l_{A-B} – відстань між ТП «А» і «Б».

Приклад розрахунку мережі, що постачає споживачів від двох ТП, приведений у дод. 16.

7. РОЗРАХУНОК НИЗЬКОВОЛЬТНИХ ЖИВИЛЬНИХ І ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Площу перетину низьковольтних мереж вибирають за навантажувальним струмам (дод. 17). Обрана площа перетину на припустиму втрату напруги перевіряється за такими формулами:

для однофазної мережі -

$$\Delta U\% = \frac{200}{\gamma \cdot U_{\phi}^2 \cdot S} \cdot \sum I \cdot l = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot \sum P \cdot l}{\gamma \cdot U_{\phi}^2 \cdot S}; \quad (12)$$

для двохфазної мережі -

$$\Delta U\% = \frac{225}{\gamma \cdot U_{\mathcal{L}}^2 \cdot S} \cdot \sum I \cdot l = \frac{2,25 \cdot 10^5 \cdot \sum P \cdot l}{\gamma \cdot U_{\mathcal{L}}^2 \cdot S}; \quad (13)$$

для трифазної мережі -

$$\Delta U\% = \frac{100}{\gamma \cdot U_{\mathcal{L}}^2 \cdot S} \cdot \sum I \cdot l = \frac{10^5 \cdot \sum P \cdot l}{\gamma \cdot U_{\mathcal{L}}^2 \cdot S}; \quad (14)$$

де γ – провідність провідника; $U_{\phi}, U_{\mathcal{L}}$ – відповідно фазні і лінійні значення напруг, В; S – площа перетину проводу, мм²; I – навантажувальний струм, А; l – довжина проводу, м; P – передана потужність, кВт.

8. РОЗРАХУНОК СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ

Силові мережі бувають радіальні і магістральні. Малопотужні електродвигуни звичайно живляться від магістральної мережі. Площу перетину проводів силової мережі, захищеної запобіжниками, вибирають за струмом плавкої вставки.

Для захисту електродвигунів змінного струму плавка вставка вибирається за номінальним струмом двигуна

$$I_{nl} = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\mathcal{L}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = I_H, \quad (15)$$

де P_n – номінальна потужність електродвигуна. кВт; $U_{л}$ – лінійна напруга мережі, В; η – ККД двигуна; $\cos\phi$ – коефіцієнт потужності електро-двигуна.

Так як стандартні плавкі вставки запобіжників виготовляють на 4, 6, 10, 15, 20, 25, 35, 60, 80, 100, 125, 160 А і т. д., розрахункові сили струму плавкої вставки необхідно округляти до стандартної сили струму плавкої вставки у бік збільшення.

Струм плавкої вставки для захисту короткозамкненого електродвигуна обчислюють за формулою

$$I_{пл} \geq \frac{I_n \cdot K}{2,5}, \quad (16)$$

де I_n – номінальний струм електродвигуна, А; K – кратність пускового струму [5–7].

Якщо декілька двигунів приєднані до однієї магістральної живильної мережі, то струм плавкої вставки, що захищає силову мережу, визначають за формулою

$$I_{пл} = \frac{\sum I_n + I_n' \cdot K'}{2,5}, \quad (17)$$

де $\sum I_n$ – сума номінальних струмів інших двигунів; I_n' – номінальний струм найбільшого короткозамкненого двигуна в групі двигунів, А; K' – кратність пускового струму найбільшого двигуна.

Якщо електродвигуни захищаються не запобіжниками автоматами, то струм розщеплювача автомата вибирають за номінальним струмом.

Площу перетину силової мережі вибирають залежно від струму розщеплювача автомата. Розщеплювачі бувають на 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 150, 200, 250 і 300 А.

Площу перетину різних проводів вибирають виходячи з припустимого струмового навантаження за дод. 16, 17.

Через те, що силові мережі короткі, то перевірку їх на припустиму втрату напруги звичайно не роблять.

На основі необхідних розрахунків і вибору електроустаткування складають розрахунково-монтажну таблицю, у якій вказують: головний низьковольтний щит на підстанції; груповий розподільний щит із

вказівкою комутаційної і захисної апаратури на ньому; марку проводу чи кабелю, площу його перетину і спосіб прокладки від групового розподільного щита до пускача струмоприймача; тип пускача; каталожні дані електродвигуна (потужність, номінальний струм, кратність пускового струму, $\cos\phi$, ККД, частоту обертання і т.п.); виконавчий механізм.

Якщо двигуни і силова мережа захищаються плавкими вставками запобіжників, необхідно вказати тип запобіжника і струм плавкої вставки.

У розрахунково-монтажній таблиці (дод. 18) приводять також марки і площу перетину кабелів, що живлять групові розподільні щити від центрального розподільного пункту в цеху від низьковольтного щита підстанції.

9. ПЕРЕВІРКА ЗДАТНОСТІ РОЗЩЕПЛЮВАЧА АВТОМАТА ДЛЯ РОЗРИВУ СТРУМУ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

У правилах влаштування електроустановок вказується, що дія автоматичного захисту забезпечується за умови

$$I_K \geq 3 \cdot I_3, \quad (18)$$

де I_K, I_3 – струм відповідно короткого замикання і захисного пристрою.

Для визначення струму короткого замикання при трифазному замиканні користуються розрахунком періодичної складової струму короткого замикання

$$I_n = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2}} = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot Z}, \quad (19)$$

де U_L – лінійна напруга, В; R_Σ, X_Σ – сума відповідно активних і індуктивних опорів всіх елементів ланцюга від джерела електроживлення до точки короткого замикання.

Дані про активні й індуктивні опори ланцюга приведені в дод. 19.

При перевірці спрацьовування захисту автоматом-запобіжником замикання фази на землю чи на нульовий провід необхідно знати струм однофазного короткого замикання, що визначається за формулою

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\Phi}{Z_n + \frac{Z_{mp}}{3}}, \quad (20)$$

де U_Φ – фазна напруга, В; $Z_n = \sqrt{R_n^2 + X_n^2}$ – повний опір петлі (фазний і нульовий проводи); R_n, X_n – відповідно активний і індуктивний опори петлі проводів ($R_n = R_\Phi + R_0$);

Z_{mp} – повний опір трансформатора струму короткого замикання на корпус. Ом.

Для кабелю, прокладеного в трубах, $X_n = 0,5$ Ом/км.

Для проводів повітряної ЛЕП $X_n = 0,6$ Ом/км.

Для проводів на роликах $X_n = 0,4$ Ом/км.

Значення $Z_{mp}/3$ приведені в дод. 20, приклад розрахунку однофазного короткого замикання в низьковольтній мережі ($U < 1000$ В) – у дод. 21.

10. ЗАХОДИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ

Заходи щодо підвищення коефіцієнта потужності \cos в установках споживачів електричної енергії розділяють на природні і штучні.

До природних способів компенсації \cos відносять:

- 1) збільшення завантаження виробничого устаткування до паспортної потужності;
- 2) усунення холостого ходу в роботі асинхронних двигунів, зварювальних трансформаторів та інших індуктивних споживачів;
- 3) заміна електродвигунів підвищеної потужності на двигуни відповідної потужності виконавчого механізму;
- 4) впровадження синхронних двигунів замість асинхронних;
- 5) відключення зайвих трансформаторів у періоди малого завантаження підстанції;
- 6) підвищення якості ремонту двигунів без збільшення повітряного зазору.

До штучних способів відносять:

- 1) застосування конденсаторів;
- 2) використання працюючих синхронних двигунів для виробництва реактивної енергії;
- 3) застосування синхронних компенсаторів.

Штучна компенсація $\cos\phi$ проводиться після повного завершення природної.

Найбільш розповсюджений спосіб штучної компенсації – це використання конденсаторних батарей, які можна встановлювати в електродвигунах на трансформаторних підстанціях на низькому чи на високому боці. Місце установки конденсаторів визначають шляхом техніко-економічного розрахунку.

Потужність конденсаторної батареї, необхідну для компенсації, визначають за формулою, кВА:

$$Q = P(\operatorname{tg}\phi_1 - \operatorname{tg}\phi_2), \quad (21)$$

де P – активна потужність споживачів, кВт; ϕ_1, ϕ_2 – кут зсуву фаз між струмом і напругою відповідно до компенсації і за наявності пристрою, що компенсує.

Ємність конденсаторної батареї, мкФ:

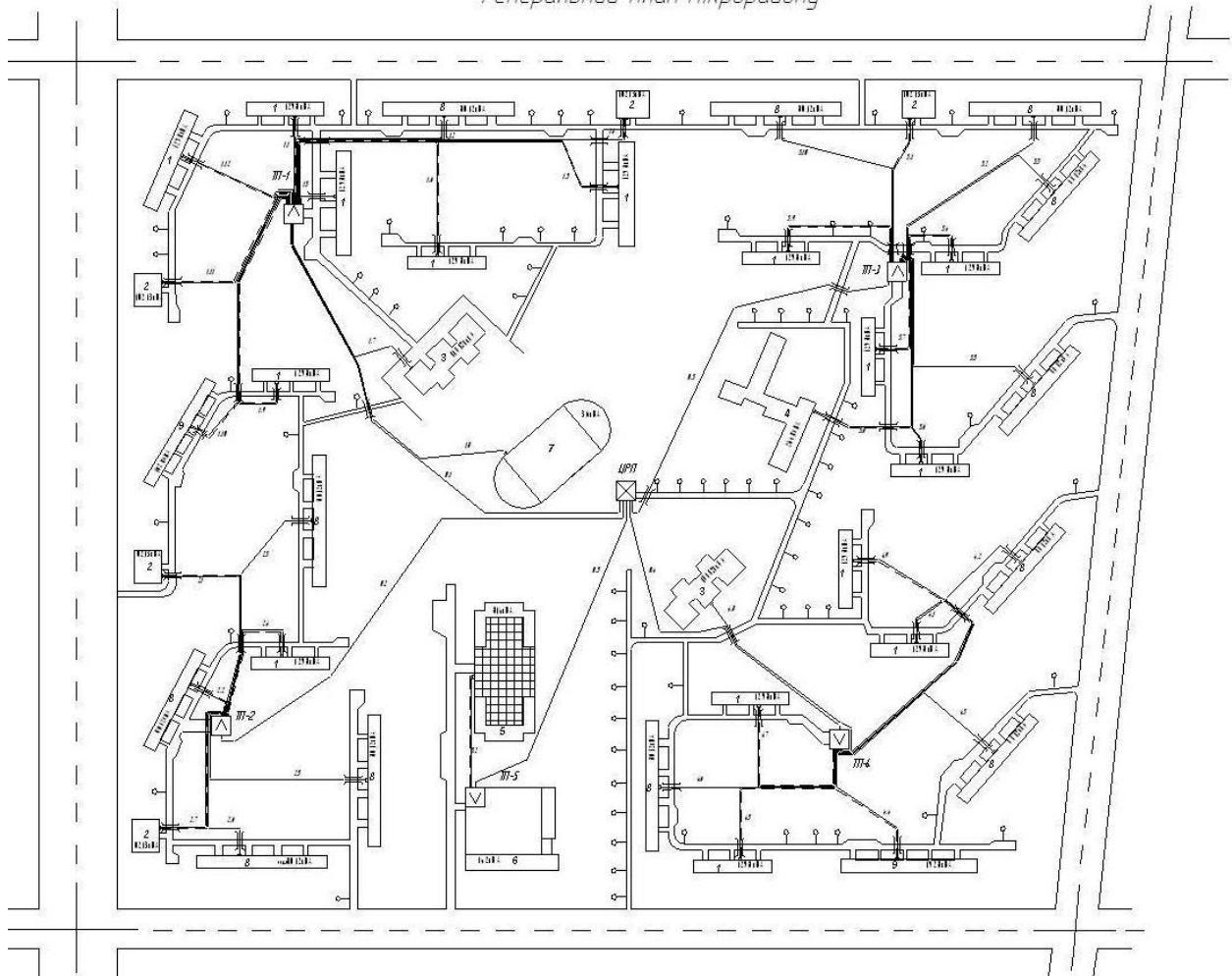
$$C = 10^9 \cdot Q / 3 \cdot \omega \cdot U_{\text{Л}}^2, \quad (22)$$

де ω – кутова частота; $\omega = 2\pi f$; $U_{\text{Л}}$ – лінійна напруга мережі, В.

У дод. 22, 23 наведено технічні характеристики і параметри статичних конденсаторів.

Генплан мікрорайону М 1:2000

Генеральний план мікрорайону



Експлікація

- 1 – школа на ... місць;
- 2 – дитсадок на ... місць;
- 3 – дитсадок на ... місць;
- 4 – дитсадок на ... місць;
- 5 – ринок на місце ... м²;
- 6 – торговий центр на ... м²;
- 7 – житловий будинок 9 поверхів ... секцій;
- 8 – житловий будинок 5 поверхів ... секцій;
- 9 – житловий будинок 5 поверхів ... секцій;
- 10 – гараж на ... машин;
- 11 – будинок побуту на ... м².

**Питомі показники на входах у суспільні і комунальні будинки
(за даними типових проектів на сучасний проектний період,
з коректуванням на перспективний період)**

№ пор.	Споживач електроенергії	Одиниця	Коефіцієнт потужності cosφ	Максимум навантаження на вводі в будівлю		Примітка
				Основний проектний період	Перспективний період	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Гуртожитки	Місце	1,0	250	500	
2.	Поліклініка	Відвідування	0,97	245 66	280 75	
3.	Лікарні	Місць обслуговування	0,99	815 35	1400 75	
4.	Пологовий будинок	— · —	0,96	1610 57	2120 75	
5.	Дитяча лікарня	— · —	0,94	2500 102	2500 102	
6.	Дитячі садочки з приготуванням їжі на газових плитах	— · —	0,99	190 26	- -	
7.	Дитячі садочки з приготуванням їжі на електро-плитах	— · —	0,90	360 49	600 82	
8.	Школи загально-освітні з електро-плитами для приготування їжі	Учнів	0,97	195 35	340 72	
9.	Школа – інтернат із приготуванням їжі на електроплитах	— · —	0,97	360 52	660 95	
10.	Готелі нерозрядні та I класу	Місць обслуговування	0,90	710	710	
11.	Готелі II класу	— · —	0,90	330	390	
12.	Кінотеатри	— · —	0,90	225	390	
13.	Громадські центри, клуби	— · —	0,90	300	400	
14.	Закусочні	— · —	0,90	820 210	820 210	
15.	Кафе	— · —	0,90	130 78	250	
16.	Їдальні з приготуванням їжі на електроплитах	— · —	0,89	500 160	700 225	

Закінчення дод. 3

1	2	3	4	5	6	7
17.	Магазини промтоварні	Торгове місце	0,9	1540 47	2450 75	
18.	Магазини продуктів	— · —	0,87	2870 72	4000 100	
19.	Магазини «М'ясо – риба»	— · —	0,83	3500 95	4000 110	
20.	Магазини булочно-кондитерські з кафе	— · —	0,90	930	930	
21.	Заклади побутового обслуговування	Робоче місце	0,90	150 60	150 60	
22.	Гараж легкових автомобілів	Місце обслуговування	0,85	340 18	340 18	
23.	Автобаза вантажних автомобілів	— · —	0,80	835 67	835 67	
24.	Бані	— · —	0,90	250	250	
25.	Учбово-виробничі майстерні	Робоче місце	0,87	800 69	800 69	
26.	Магазин молочний	Торгове місце	0,85	2560 59	4000 92	
27.	Магазин «Овочі фрукти»	— · —	0,85	- 60	- 60	
28.	Магазин «Морозиво»	— · —	0,90	310 132	- -	
29.	Пивний зал із приготуванням їжі на електроплитах	— · —	0,90	435 160	- -	
30.	Комбінат ремонту меблів і метало-конструкцій	1 м ² корисної площі	0,94	- 48	- -	
31.	Ательє пошиву одягу	— · —	0,97	- 41	- -	
32.	Перукарня і аптека	— · —	1,00	- 60	- -	
33.	Адміністративно-господарські заклади і громадські організації	— · —	0,97	- 24	- 50	

**Питомі розрахункові навантаження освітлення
і побутових електроприладів для житлових будинків**

№ пор.	Житлові квартири	Сучасний проектний рівень. Розрахункове навантаження			Перспективний проектний рівень. Розрахункове навантаження на ввіді у будинок, Вт/м ²
		На ввіді у квартиру		На ввіді в будинок, Вт/м ²	
		кВт	Вт/м ²		
1	2	3	4	5	6
1.	Із газифікацією (на весь перспективний період)	1,0	33	15	30
2.	Із вогневими кухонними плитами на першому етапі і з перспективою переводу на електроплити	1,2	40	18	55
3.	Зі встановленням електроплит на першому етапі	4,5	150	50	55

**Коефіцієнт одночасності для різної кількості квартир,
що забезпечуються від ліній трансформаторної підстанції
(СН-167-6І і СН-297-64)**

Житлові будинки	Число квартир									
	5	10	20	30	40	50	100	200	400	600
Без електроплит	0,70	0,62	0,50	0,45	0,43	0,42	0,41	0,39	0,37	0,36
З електроплитами	0,62	0,47	0,40	0,35	0,33	0,30	0,28	0,26	0,24	0,23

**Коефіцієнти попиту і потужності навантаження ліфтів
на введених житлових і суспільних будинків (СН-297-64)**

№ пор	Кількість ліфтів	Коефіцієнт попиту	Коефіцієнт потужності
1.	1 – 2	1,0	0,7
2.	3 – 4	0,7	0,6
3.	5 – 6	0,6	0,6
4.	Більше 6	0,4	0,6

Установлену потужність у кіловатах електродвигунів ліфтів до тривалості включення $TB = 1,0$ обчислюють за формулою

$$P_p = \frac{P_n}{TB_H}$$

де P_p – розрахункове навантаження, кВт; P_n – номінальна потужність електродвигуна за паспортом, кВт; TB_H – тривалість вмикання за паспортом електродвигуна в частках одиниці.

Коефіцієнт потужності на лініях до ліфтів варто приймати рівним 0,6.

**Підрахунок електричного навантаження на введених
у будинку житлового масиву**

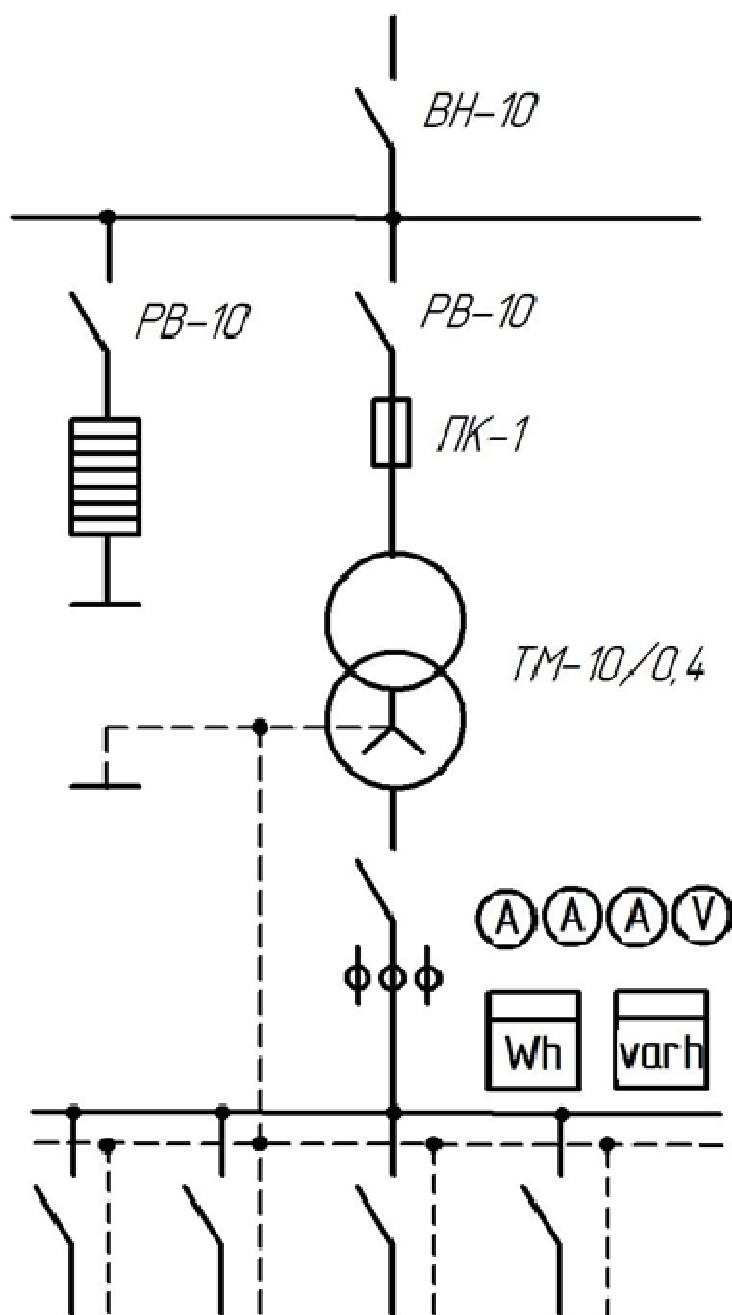
Таблиця П.7.1

№ пор.	Номер споруди за генпланом	Кількість споживачів	Найменування споживачів електроенергії	$\sum P$, кВт	K_C	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	Розрахункове навантаження на вводі		
								P_P , кВт	Q_P , квар	S , кВ·А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	1, 2, 5, 7, 8 і 10	6	5-поверховий житловий будинок із кількістю квартир:							
			1-кімнатних 15×0,8	12,0						
			2-кімнатних 50×1,0	50,0						
			3-кімнатних 5×1,2	6,0						
			Всього кв. – 70	68,0	0,42	1,0	28,6			
2.	6	1	9-поверховий житловий будинок із кількістю квартир:							
			2-кімнатних 51×1,0	51,0						
			3-кімнатних 2×1,2	2,4						
			Всього кв. – 53	53,4	0,42	1,0	22,4			
			Ліфт 7,0 кВт	5,5	1,0	0,7	7,9			
			Бойлерна 2 насоса 4,5 і 2,8 кВт	7,3	0,7	0,8	6,4			
			Всього по будинку	66,2			36,7			
3.	3	1	5-поверховий житловий будинок із продуктивним магазином і кількістю квартир:							
			1-кімнатних 12×0,8	9,6						
			2-кімнатних 40×1,0	40,0						
			3-кімнатних 4×1,2	4,8						
			Всього кв. – 56	54,4	0,42	1,0	22,8			
			Продуктовий магазин площею 1249 м ²	90,0	1,0	0,87	104,0			
			Всього по будинку	144,4			126,8			

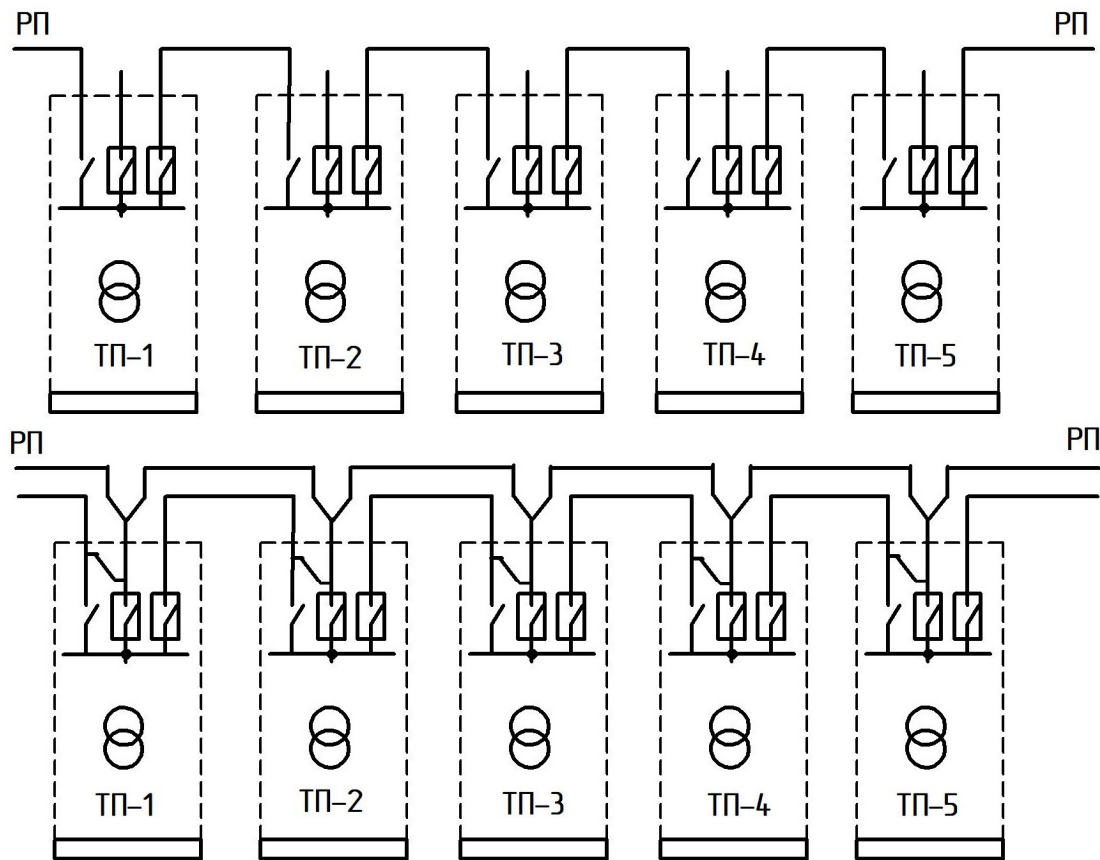
**Підрахунок потужності на шинах трансформаторних підстанцій
житлового масиву**

Номер споруди по генплану	Споживачі електроенергії	Сумарна кількість квартир житлових будинків	Сумарна потужність, $\sum P$, кВт	Коефіцієнт попиту на шинах ТП, Кп	Коефіцієнт потужності, $\cos\phi$	Потужність на шинах ТП		Повна потужність, S, кВ·А	Потужність, кВт, і кількість трансформаторів у ТП
						Активна, Pp, кВт	Реактивна, Qp, квар		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТП-1									
1, 2,	Житлові будинки	322	312,8	0,37	1,0	116,0	-	116,0	-
3, 4,	Продуктові	-	90,0	1,00	0,87	90,0	52,0	103,5	-
5	магазини	-	58,5	1,00	0,9	58,5	28,0	65,0	-
	Промтоварні магазини								
	Всього:				0,93	255,5	80,0	274,5	400×1
ТП-2									
6, 7,	Житлові будинки	263	257,4	0,39	1,0	100,0	-	100,0	-
8, 10	Ліфт у будинку 6	-	5,5	1,0	0,7	5,5	5,5	7,9	-
	Бойлерна у будинку 6	-	7,3	0,7	0,8	5,1	3,8	6,4	-
	Дитячий садок-яслі	-	101,0	0,7	0,9	71,0	39,0	78,0	-
	Всього:				0,94	181,6	43,3	192,3	250×1
ТП-3									
9	Школа на 964 учні	-	178,0	1,0	0,97	178,0	48,0	184,0	
	Всього:				0,97	178,0	48,0	184,0	250×1
Усього по житловому масиву:		-	-	-	0,95	615,1	171,3	650,8	900,0

Схема комутації однострансформаторної підстанції 10/0,4/0,23 кВ



Схеми електропостачання житлових масивів:



- а* – петлева при забудові житловими будинками 5–8 поверхів;
б – двопротенева з АВР на стороні 10 кВ при забудові житловими будинками 9–16 поверхів

Поділ електроприймачів за категоріями для забезпечення надійності їхнього електропостачання

I категорія

1. Видовищні підприємства (театри, кіно, клуби) кількістю місць 600 і більше.
2. Великі стадіони міського значення.
3. Великі універмаги міського значення.
4. Операційні палати лікарень і пологових будинків.
5. Районні АТС.
6. Підвищувальні підстанції.
7. Мікрорайонні і кварталні котельні.

8. Пожежні, каналізаційні і водопровідні насосні станції.
9. Пункти невідкладної медичної допомоги.
10. Висотні будинки (вище 16 поверхів) – пожежні насоси, ліфти, аварійне освітлення.
11. Групи міських споживачів із загальним навантаженням більш 10 000 кВ·А.

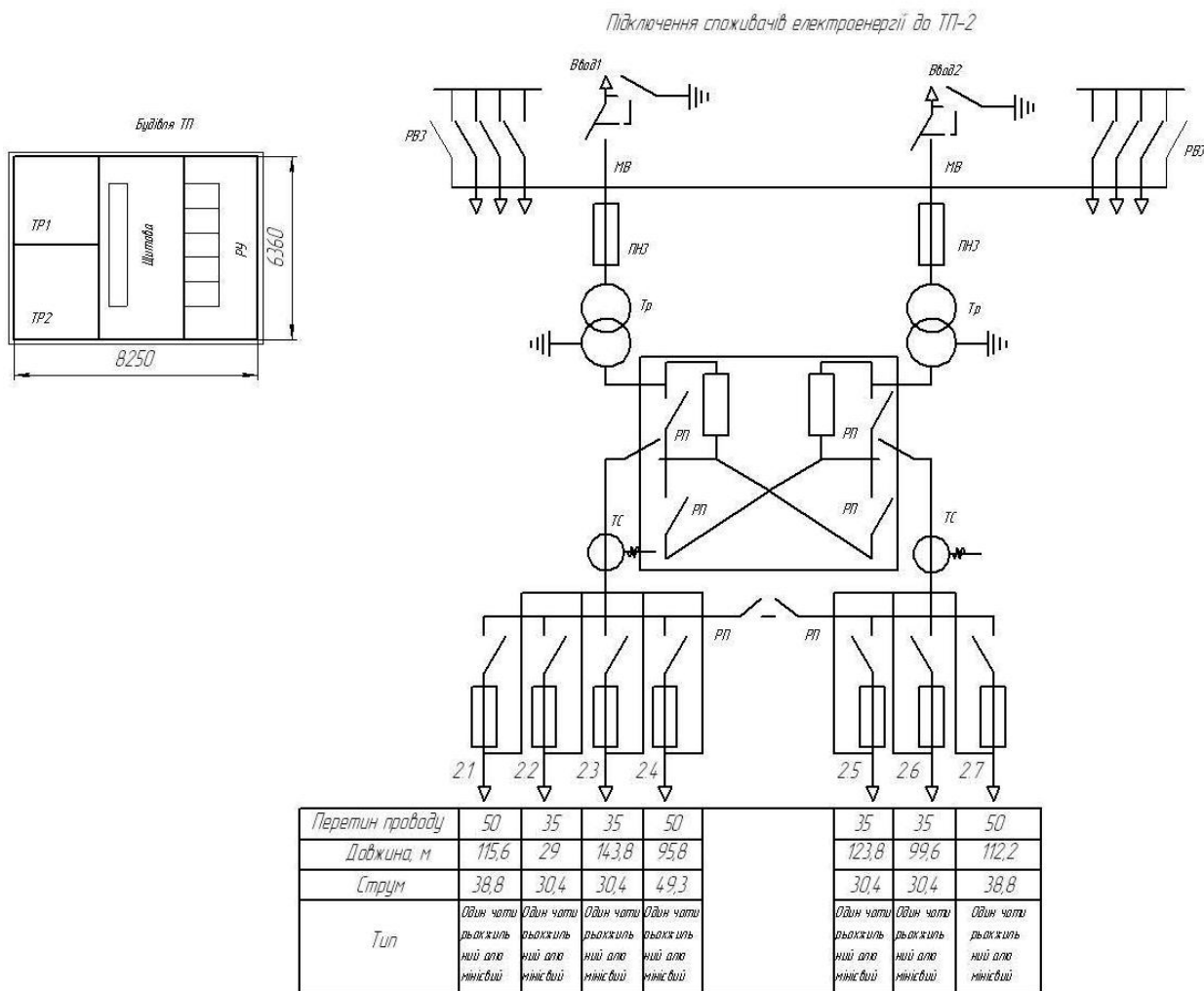
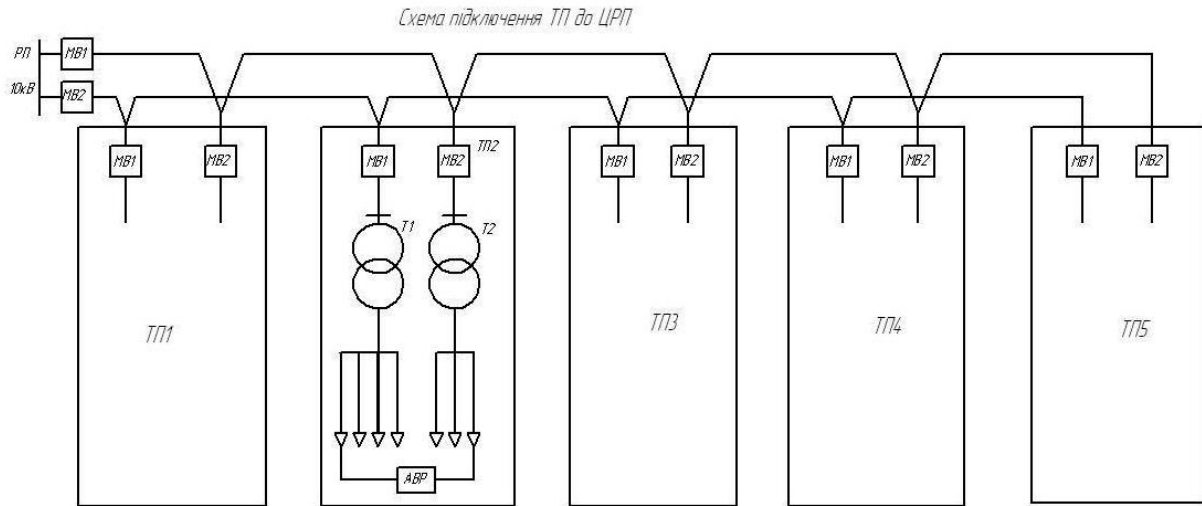
II категорія

1. Видовищні підприємства з кількістю місць менше 600.
2. Адміністративні і суспільні будинки.
3. Поліклініки.
4. Школи, дитячі садки і ясла.
5. Їдальні.
6. Тимчасові й інші дрібні котельні.
7. Навчальні заклади.
8. Житлові будинки вище 5 поверхів, а також п'ятиповерхові з вбудованими магазинами.
9. Житлові будинки, у яких готують їжу на електроплитах, незалежно від поверховості, гуртожитки, розраховані більш ніж на 200 осіб.
10. Лазні.
11. Силові установки, технологія яких обмежує перерви, що допускаються, у електропостачанні.
12. Групи міських споживачів із загальним навантаженням від 300 до 10 000 кВ·А.

III категорія

1. Житлові будинки висотою до 5 поверхів, гуртожитки до 200 осіб.
2. Інші споживачі електроенергії другорядного значення, що не підходять під визначення I і II категорій.

Загальний вигляд схеми з'єднання ТП та ЦРП, схеми підключення трансформаторів у ТП та низьковольтної схеми живлення



**Економічна щільність струму для мідних і алюмінієвих
провідників і кабелів, А/мм²**

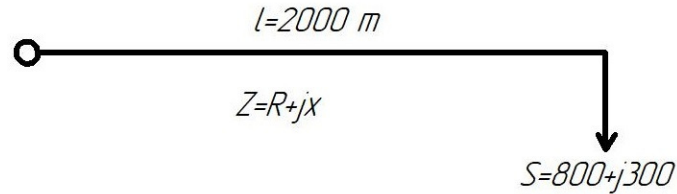
Тривалість використання максимуму навантаження на рік, год.	Неізольовані провідники і шини		Кабелі з паперовою і провідники з гумовою і поліхлорвініловою ізоляцією		Кабелі з гумовою і пластиковою ізоляцією	
	мідні	алюмінієві	мідні	алюмінієві	мідні	алюмінієві
1000...3000	2,5	1,3	3,0	1,6	3,5	1,9
3000...5000	2,1	1,1	2,5	1,4	3,1	1,7
5000...8760	1,8	1,0	2,0	1,2	2,7	1,6

Активні R_0 і індуктивні X_0 опори багатожильних кабелів, Ом/км

Опір	Матеріал жил і напруга мережі	Площа перерізу кабелю, мм ²											
		6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
R_0	Мідь	2,98	1,79	1,12	0,71	0,51	0,35	0,25	0,19	0,15	0,12	0,09	0,07
	Алюмінієвий	4,9	2,9	1,8	1,17	0,89	0,58	0,42	0,31	0,24	0,19	0,16	0,12
X_0	0,4 кВ	-	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06
	10 кВ	-	0,12	0,113	0,1	0,085	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07

Приклад розрахунку мережі радіальної ЛЕП

Вибрати площу перетину кабельної трифазної ЛЕП з алюмінієвими жилами ($U = 10$ кВ при $\Delta U\% = 5\%$)



1. Струм навантаження

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{800}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,9} = 51,4 \text{ А};$$

де

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{800}{\sqrt{800^2 + 300^2}} = 0,9.$$

2. Економічну щільність струму для кабелю з паперовою ізоляцією й алюмінієвими жилами вибирають за дод. 12 при постійному навантаженні $J = 1,2$.

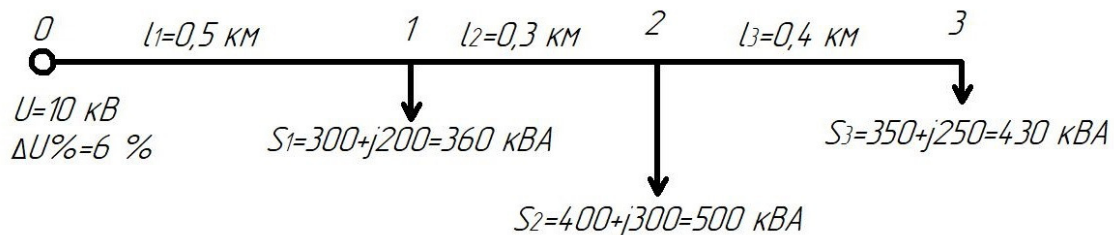
3. Площа перетину кабелю за економічною щільністю струму

$$S_{EK} = \frac{I}{J} = \frac{51,4}{1,2} = 42,8 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо кабель А-50 мм².

Приклад розрахунку мережі магістральної ЛЕП

Вибрати площу перетину кабельної трифазної ЛЕП-10 з алюмінієвими жилами.



1. Навантаження на ділянках:

$$0-1: S_{01} = P_{01} + jQ_{01} = 1050 + j750 = 1290 \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

$$\mathbf{1-2:} \quad S_{12} = P_{12} + jQ_{12} = 930 \text{ кВ}\cdot\text{А};$$

$$\mathbf{2-3:} \quad S_{23} = P_{23} + jQ_{23} = 430 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

2. Струми на ділянках:

$$\mathbf{0-1:} \quad I_{01} = \frac{S_{01}}{\sqrt{3}} \cdot U = \frac{1290}{1.73 \cdot 10} = 74.5 \text{ А};$$

$$\mathbf{1-2:} \quad I_{12} = \frac{S_{12}}{\sqrt{3}} \cdot U = 53.7 \text{ А};$$

$$\mathbf{2-3:} \quad I_{23} = \frac{S_{23}}{\sqrt{3}} \cdot U = 24.8 \text{ А}.$$

3. За економічною щільністю вибирають площу перетину кабелю (див. дод. 12).

$$\mathbf{0-1:} \quad S_{EK01} = \frac{I_{01}}{1.2} = \frac{74.5}{1.2} = 62 \text{ мм}^2 - \text{вибираємо кабель А-70};$$

$$\mathbf{1-2:} \quad S_{EK12} = \frac{I_{12}}{1.2} = 44.7 \text{ мм}^2 - \text{вибираємо кабель А-50};$$

$$\mathbf{2-3:} \quad S_{EK23} = \frac{I_{23}}{1.2} = 20.6 \text{ мм}^2 - \text{вибираємо кабель А-25}.$$

Для обраних кабелів за дод. 13 визначають значення активних R_0 і реактивних X_0 опорів.

4. Припустимі втрати напруги на ділянках:

$$\mathbf{0-1:} \quad \Delta U_{01}\% = \frac{(P_{01}R'_0 + Q_{01}X'_0) \cdot \ell_1 \cdot 100}{U};$$

$$\Delta U\% = \frac{(1050 \cdot 0.42 + 750 \cdot 0.08) \cdot 0.5 \cdot 100}{10000} = 2.5\%;$$

$$\mathbf{1-2:} \quad \Delta U_{12}\% = \frac{(P_{12}R''_0 + Q_{12}X''_0) \cdot \ell_2 \cdot 100}{U} = 1.45\%;$$

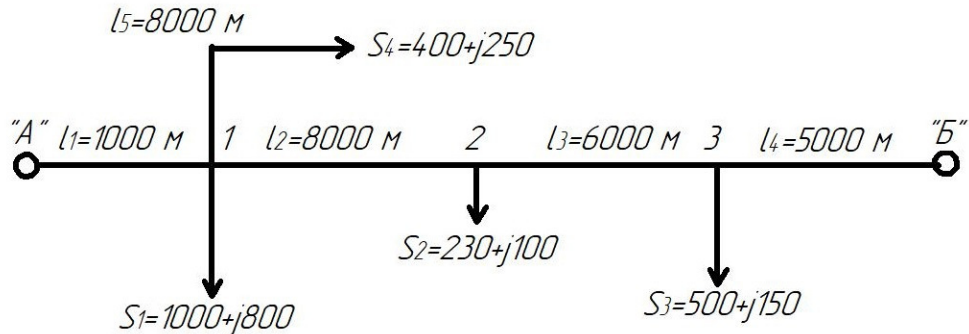
$$\mathbf{2-3:} \quad \Delta U_{23}\% = \frac{(P_{23}R'''_0 + Q_{23}X'''_0) \cdot \ell_3 \cdot 100}{U} = 1.79\%.$$

5. Загальна втрата напруги в мережі

$$\Delta U\% = \Delta U_{01}\% + \Delta U_{12}\% + \Delta U_{23}\% = 2.5 + 1.45 + 1.79 = 5.74 < 6\%.$$

Приклад розрахунку високовольтної мережі, що живиться від двох джерел живлення

Розрахувати ЛЕП-10кВ від ТП «А» і «Б», $\Delta U\%_{\text{доп}} = 5\%$



$$S_A = \frac{\sum S_I \ell_{B-2}}{\sum \ell_{A-B}} = \frac{(1400 + j1050) \cdot 19 + (250 + j100) \cdot 11 + (500 + j150) \cdot 5}{20} = 15925 + j1090 = 1929.8 \text{ кВА.}$$

Вибираємо два трансформатори ТМ-1000 потужністю по 1000 кВА кожний:

$$S_B = \frac{(500 + j150) \cdot 15 + (250 + j100) \cdot 9 + (1400 + j1050) \cdot 1}{20} = 595.7 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

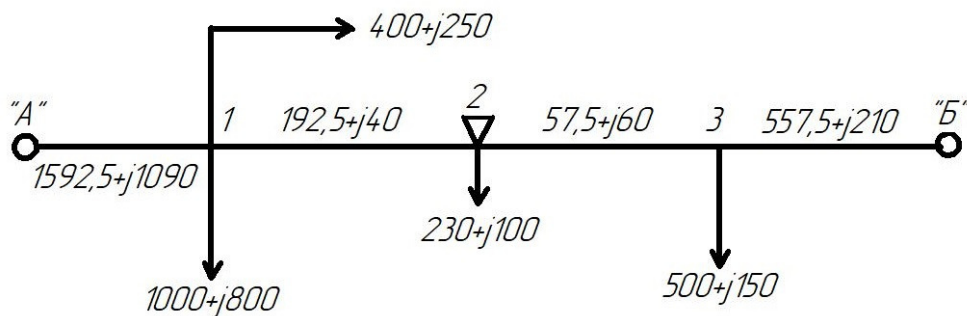
Вибираємо один трансформатор ТМ-63Про потужністю 630 кВ · А

$$S_A + S_B = (1592.5 + j1090) + (595.7 + j210) = 2188.2 + j1300$$

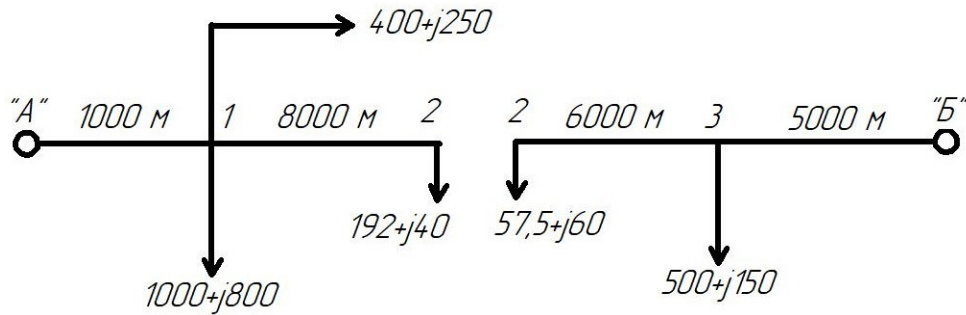
$$S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = (1000 + j800) + (230 + j100) + (500 + j150) + (400 + j250) = 2180 + j1300$$

Таким чином, потужності джерела і споживачів збігаються.

1. Точка токорозподілу в точці 2



2. Розподіляємо мережу на дві ділянки: А-2, Б-2;



3. Вибираємо площу перетину жили кабелю на ділянці А-2 за щільністю струму

$$I_{A-1} = \frac{S_A}{\sqrt{3}U_H} = \frac{1592.5 + j1090}{1.73 \cdot 10} = 92 + j63 = 111.5 \text{ А.}$$

По [4] вибираємо площу перетину проводу $S_{ЕК} = A - 35 \text{ мм}^2$, що має

$$I_{\text{доп}} = 130 \text{ А.}$$

4. Втрати напруги на ділянці від «А» до точки 2

$$\Delta U_{A-2} = \frac{P_1 R_0' + Q_1 X_0'}{U_H} \ell + \frac{P_2 R_0'' + Q_2 X_0''}{U_H} (\ell + \ell_2) = 447.7 \text{ В,}$$

чи

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U_{A-2} \cdot 100}{10000} = 4.48\% < \Delta U\%_{\text{доп}} = 5\% .$$

5. Втрати напруги на ділянці від «Б» до точки 2

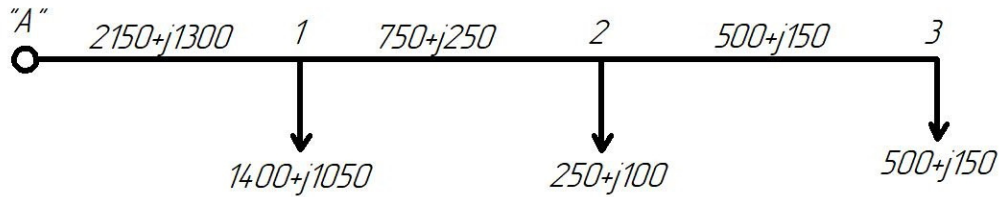
$$\Delta U_{B-2} = \left(\frac{300 \cdot 0.92 + 150 \cdot 0.32}{10} \right) \cdot 5 + \left(\frac{57.5 \cdot 0.92 + 60 \cdot 0.32}{10} \right) \cdot (5 + 6) = 333.3 \text{ В,}$$

чи

$$\Delta U\%_{B-2} = \frac{333.3 \cdot 100}{10000} = 3.33\% < 5\% .$$

Таким чином обрана площа перетину кабелю задовольняє умовам нормального режиму.

В аварійному режимі, коли ТП «Б» вийде з ладу все навантаження повинна прийняти на себе ТП «А»:



6. Втрати напруги від ТП «А» до точки 3

$$\Delta U_{A-3} = \frac{2150 \cdot R_0' + 1300 X_0'}{10} \cdot 1 + \frac{250 \cdot R_0'' + 100 X_0''}{10} \cdot 8 + \frac{500 R_0''' + 150 X_0'''}{10} \cdot 6 = 753.8 \text{ В,}$$

$$\Delta U\%_{A-3} = 7.5\%.$$

7. Площа перетину кабелю на розгалуженні від точки 1 до точки 4 за щільністю струму

$$I_{1-4} = \frac{400 + j250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 27 \text{ А.}$$

Вибираємо А-І6 ($I_{\text{доп}} = 75 \text{ А}$; $R_0 = 1.8 \text{ Ом} \cdot \text{км}$, $X_0 = 0.11 \text{ Ом} \cdot \text{км}$).

Втрати напруги від точки 1 до точки 4:

$$\Delta U_{1-4} = \frac{P_{14} R_0 + Q_{14} X_0}{10} \cdot \ell = 299 \text{ В,}$$

$$\Delta U\%_{1-4} = 2.99\% < 5\%.$$

Втрати напруги від точки «А» до точки 1

$$\Delta U_{A-1} = \frac{2150 \cdot 0.64 + 1300 \cdot 0.31}{10} \cdot 1 = 177.9 \text{ В.}$$

Загальна втрата напруги на ділянці від ТП «А» до точки 4

$$\Delta U_{A-4} = 299 + 177.9 = 476.9 \text{ В.}$$

чи

$$\Delta U\%_{A-4} = 4.77\% , \quad \text{що неприпустимо.}$$

**Припустимі тривалі струмові навантаження на провідники, шнури
і кабелі з гумовою чи пластмасовою ізоляцією**

Площа перерізу струмоведу- чої жили, мм ²	Провідники прокладені відкрито	Провідники, прокладені в одній трубі				
		(1×2) жили	(1×3) жили	(1×4) жили	(2×1) жили	(3×1) жили
1	2	3	4	5	6	7
Провідники і шнури з гумовою і поліхлорвініловою ізоляцією з мідними жилами						
0,5	11	-	-	-	-	-
0,75	15	-	-	-	-	-
1,0	17	16	15	14	15	14
1,5	23	19	17	16	18	15
2,5	30	27	25	25	25	21
4,0	41	38	35	30	32	27
6,0	50	46	42	40	40	34
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
26	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	-	-	-
185	510	-	-	-	-	-
240	605	-	-	-	-	-
300	695	-	-	-	-	-
400	830	-	-	-	-	-
Провідники і шнури з гумовою і поліхлорвініловою ізоляцією з алюмінієвими жилами						
2,5	24	20	19	19	19	16
4,0	32	28	28	23	25	21
6,0	39	36	32	30	31	26
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	205	85	80	70	75	66
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105

1	2	3	4	5	6	7
Провідники і шнури з гумовою і поліхлорвініловою ізоляцією з алюмінієвими жилами						
70	210	175	165	140	150	135
95	265	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	-	-	-
185	390	-	-	-	-	-
240	465	-	-	-	-	-
300	535	-	-	-	-	-
400	645	-	-	-	-	-

Додаток 18

**Струмові навантаження для проводів і кабелів в залежності від
площі перетину струмопровідних жил, А**

Площа перетину струмоведучої жили, мм ²	Струмові навантаження на провідники і кабелі, А				
	Одножильні	Двожильні		Трьохжильні	
	Спосіб прокладки				
	У повітрі	У повітрі	У землі	У повітрі	У землі
1	2	3	4	5	6
Провідники з мідними жилами, гумовою ізоляцією в металевих захисних оболонках і кабелі з мідними жилами, гумовою ізоляцією з свинцевою, поліхлорвініловою, гумовою оболонкою, броньовані та неброньовані					
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4,0	41	38	55	35	49
6,0	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330

1	2	3	4	5	6
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	-	-	-	-
Кабелі із алюмінієвими жилами, гумовою чи пластмасовою ізоляцією у свинцевій, поліхлорвініловій і гумовій оболонках, броньовані і неброньовані					
2,5	23	21	34	19	29
4,0	32	29	42	27	38
6,0	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	-	-	-	-

Кабелі із алюмінієвими жилами, гумовою чи пластмасовою ізоляцією у свинцевій поліхлорвініловій і гумовій оболонках, броньовані і неброньовані

2,5 23 21 34 19 29

**Параметри елементів ланцюга при трифазному
короткому замиканні**

Елементи короткого замикання кола	R_0 , Ом	X_0 , Ом	Перехідний опір, Ом
1	2	3	4
Силкові трансформатори 10/0,4/0,23 Потужністю, кВА			
160	17	42	-
260	10,2	30,3	-
400	5,7	17,2	-
630	3,2	13,4	-
1000	2,1	8,5	-
Трансформатори струму з $K_{тр}$			
20/5	42	67	-
30/5	20	30	-
40/5	11	17	-
50/5	7	11	-
75/5	3	4,8	-
100/5	1,7	2,7	-
180/5	0,75	1,2	-
200/5	0,42	0,7	-
Котушки (розчеплювачів) автоматів при I, А			
50	5,5	2,7	-
70	3,4	1,3	-
100	1,2	0,9	-
200	0,4	0,3	-
Рубильники при I, А			
100	-	-	0,5
200	-	-	0,4
400	-	-	0,2
600	-	-	0,15
1000	-	-	0,08

Значення $\frac{Z_{тр}}{3}$ для розрахунку струмів короткого замикання

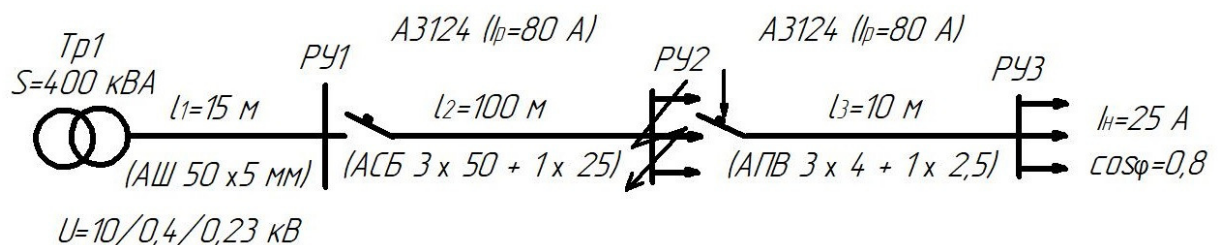
силових трансформаторів

Потужність трансформатора, кВА	Схема з'єднання	$Z_{тр}/3$, Ом
100	Y/Y ₀	0,28
160		0,16
250		0,10
400		0,08
630		0,04
1000		0,028

**Приклад розрахунку струму короткого замикання
в однофазній мережі**

Визначити струм однофазного короткого замикання на шинах РП (розподільного пристрою) і провести дії автомата А 3124, встановленого на РП₁.

Номинальний струм розщеплювача $I_p = 80$ А.



1. Опір петлі на шинах РУ

$$R_{ш} = R_0 l_1 = 0.142 \cdot 15 = 0.002 \text{ Ом};$$

$$X_{ш} = X_0 l_1 = 0.2 \cdot 15 = 0.003 \text{ Ом}.$$

2. Опір однієї жили кабелю площею перетину 50 мм

$$R_{\phi} = R_0 l_2 = 0.46 \cdot 0.1 = 0.046 \text{ Ом}.$$

3. Опір нульового проводу площею перетину 25 мм

$$R'_0 = R_0 l_2 = 0.92 \cdot 0.1 = 0.092 \text{ Ом}.$$

4. Індуктивний опір петлі кабелю

$$X = X_0 \ell_2 = 0.15 \cdot 0.2 = 0.03 \text{ Ом}$$

5. Сумарний повний опір петлі

$$Z_n = \sqrt{(0.092 + 0.046 + 0.092)^2 + (0.003 + 0.03)^2} = 0.17 \text{ Ом.}$$

6. Визначаємо по таблиці дод. 20 $Z_{TP}/3$ для трансформатора з $S = 400$ кВА

$$Z_{TP}/3 = 0.08 \text{ Ом.}$$

7. Струм однофазного короткого замикання на РУ

$$I_{К.з.} = \frac{U_\phi}{Z_n + \frac{Z_{TP}}{3}} = \frac{220}{0.17 + 0.08} = 880 \text{ А.}$$

8. По ПУЕ дія автоматичного вимикача забезпечується якщо

$$I_{К.з.} > 3 I_p \quad \text{т.е. } 880 > 3 \cdot 80 = 240 \text{ А.}$$

Отже, ступінь надійності дії захисного апарата забезпечується.

Для того щоб визначити струм однофазного короткого замикання на розподільному щиті РУЗ, необхідно ще врахувати опір мережі від РУ до РУЗ.

Додаток 22

**Конденсатори статичні паперово-масляні шириною 110 мм,
довжиною 380 мм для поліпшення коефіцієнта потужності**

Тип конденсатора	Напруга, кВ	Ємність, мкФ	Потужність реактивна, квар	Висота, мм
КМ-11 – 10 – 1	11	0,26	10	526
КМ-6,6 – 10 – 1	6,6	0,73	10	490
КМ-3,3 – 10 – 1	3,3	2,92	10	455
КМ-1,1 – 10 – 1	1,1	32	10	455
КМ-0,55 – 8 – 3	0,55	63	8	425
КМ-0,42 – 6 – 3	0,42	110	6	425
КМ-0,24 – 4 – 3	0,24	220	4	425

Примітка. Конденсатори напругою 1,1...11 кВ - однофазні, конденсатори напругою 0,24...0.55 кВ – трифазні.

**Необхідна потужність статичних конденсаторів при підвищенні
коефіцієнта потужності (Q кВА на 100 кВт навантаження)**

$\cos\varphi$	0,80	0,85	0,90	0,95	0,98	1,00
0,50	100	110	125	140	150	175
0,55	75	90	105	120	130	150
0,60	60	70	85	100	115	135
0,65	40	55	70	85	95	115
0,70	27	40	54	70	80	102
0,75	15	25	40	55	70	90

Приклад. Середнє навантаження підприємства за добу 200 Квт.
Бажано підвищити коефіцієнт потужності підприємства від 0,65 до
0,95. Таким чином, $\cos\varphi_1 = 0,65$, $\cos\varphi_2 = 0,95$

Рекомендована література

1. Загальна електротехніка: навч.-метод. посібник / під ред. Д.Я. Глухова. – Київ: Вища школа. – 1970.
2. Борисов Ю.М. Липатов Д.Н. Общая электротехника: уч. пособ. для ВУЗов. – М.: Высшая школа. 1974.
3. Борисов Ю.М. Липатов Д.Н. Зорин Ю.Н. Электротехника: для студентов ВУЗов. – Энергоатомиздат. – 1985.
4. Вартабнян В.А. Загальна електротехніка. – Київ: Вища школа. – 1979.
5. Іванов А.О. Лабораторні роботи з електротехніки. – Київ: Вища школа. – 1970.
6. Касаткин А.С. Основы электротехники. – М.: Энергия. – 1966.
7. Пантюшин В.С. Электротехника. – М.: Высшая школа. – 1976.
8. Попов В.С. Николаев С.А. Общая электротехника. – М.: Энергия. – 1976.

ДЛЯ ПОДАТОК

Навчально-методичне видання

ВИРОБНИЦТВО, ТРАНСПОРТ ТА СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Методичні вказівки
до виконання курсового проекту
для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика»
(спеціалізація «Енергетичний менеджмент»)

Укладачі: **ГОРОДЖА** Анатолій Дмитрович
КРАВЧЕНКО Ігор Миколайович

Комп'ютерне верстання *Р.В. Шушпанової*

Підписано до друку 20.09.2018. Формат 60 × 84_{1/16}
Ум. друк. арк. 2,32. Обл.-вид. арк. 2,5.
Електронний документ. Вид. № 5/Ш-18.

Видавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.