



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ. КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів,
другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика,
електротехніка та
електромеханіка», освітньою програмою «Електричні системи і мережі»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2023

Проектування електричних мереж. Курсовий проєкт [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійної програми «Електричні системи і мережі» /КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Н. В. Буслова, О. М. Янковська. — Електронні текстові дані (1 файл: 798 КБ). — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. — 39 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 8 від 02.06.2023 р.)
за поданням Вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики
(протокол № 11 від 29.05..2023 р.)
Електронне мережне навчальне видання*

ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ. КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

Укладачі: *Буслова Наїна Володимирівна, канд. техн. наук, доц.
Янковська Олена Максимівна, ст. викладач*

Відповідальний редактор *Кацадзе Т.Л. канд. техн. наук, доц.*

Рецензент *Бардик Є.І., канд. техн. наук, доц., доцент кафедри відновлювальних джерел енергії КПІ ім. Ігоря Сікорського*

Навчальний посібник містить теоретичний матеріал, необхідний для виконання курсового проєкту з проектування електричних мереж на тему “Проєкт електричних мереж різних класів напруги міського мікрорайону” студентами другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньої програми «Електричні системи і мережі». Матеріал навчального посібника може виявитися корисним під час виконання магістерських дисертацій студентами освітньої програми.

Зміст

	ВСТУП	5
1	ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЄКТУВАННЯ МІСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ РІЗНИХ КЛАСІВ НАПРУГИ	7
2	ВИМОГИ ДО НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ І ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	8
3	ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ	10
	3.1. НАВАНТАЖЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ	10
	3.2. НАВАНТАЖЕННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДИНКІВ (ПРИМІЩЕНЬ) ТА СПОРУД, АДМІНІСТРАТИВНИХ І ПОБУТОВИХ БУДИНКІВ (ПРИМІЩЕНЬ) ПІДПРИЄМСТВ	14
	3.3. РОЗРАХУНКОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ ЛІНІЇ ЖИВЛЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ ПРИ СПІЛЬНОМУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННІ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ (ПРИМІЩЕНЬ) РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	15
	3.4. НАВАНТАЖЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ	15
4	ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ 10/0,4 кВ	16
5	РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ РОЗПОДІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ НИЗЬКОЇ НАПРУГИ	18
6	РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ РОЗПОДІЛЬНОЇ ТА ПОСТАЧАЛЬНОЇ МЕРЕЖ СЕРЕДНЬОЇ НАПРУГИ	22
	6.1. ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА ВИБІР НАЙВИГІДНІШОЇ ПОТУЖНОСТІ РОЗПОДІЛЬНОГО ПУНКТУ	22
	6.2. РОЗПОДІЛЬНА МЕРЕЖА СЕРЕДНЬОЇ НАПРУГИ	23
	6.3. ПОСТАЧАЛЬНА МЕРЕЖА СЕРЕДНЬОЇ НАПРУГИ	26
7	РОЗРАХУНОК ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ	28
	7.1. ВИБІР ТРАНСФОРМАТОРІВ ЖИВИЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІЇ	28
	7.2. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ	28
8	ДОДАТОК А.	31
9	ДОДАТОК Б	22
10	СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	39

СКОРОЧЕННЯ

АВР	Автоматичне включення резерву
Вбудована ТП	Трансформаторна підстанція, яка вписана в контур основної будівлі (споруди)
ДЕС	Дизельна електростанція
КЗ	Коротке замикання
РП	Розподільний пункт - пристрій, у якому установлені апарати захисту і комутаційні апарати (або тільки апарати захисту) для окремих електроприймачів або їх груп (електродвигунів, групових щитків)
КТП	Трансформаторна підстанція, яка складається із трансформатора і блоків, комплектних розподільних пристроїв, які поставляються в зібраному або повністю підготовленому для збирання вигляді
ЗРП	Закритий розподільний пристрій (приміщення), що служить для приймання і розподілу електроенергії та складається із комутаційних апаратів, збірних і з'єднувальних шин, пристроїв захисту, автоматики, вимірювальних приладів, допоміжних пристроїв (акумулятори тощо)

ВСТУП

Навчальний посібник містить теоретичний матеріал, необхідний для виконання курсового проєкту з проєктування електричних мереж на тему “Проєкт електричних мереж різних класів напруги міського мікрорайону” студентами усіх форм навчання та студентами-іноземцями спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньої програми «Електричні системи і мережі». Матеріал даного навчального посібника може виявитися корисним під час проєктування та розрахунків міських електричних мереж в процесі виконання магістерських дисертацій.

Метою виконання курсового проєкту “Проєкт електричних мереж різних класів напруги міського мікрорайону” є практичне закріплення студентами теоретичного матеріалу розділів навчальної дисципліни «Проєктування електричних мереж».

У процесі розробки проєктної частини студент повинен у виконати наступні основні завдання:

- Визначити розрахункові навантаження споживачів;
- Виконати вибір трансформаторів та місць розташування трансформаторних підстанцій, розрахувати навантаження трансформаторних підстанцій;
- Вибрати схеми розподільних мереж низької напруги з уражуванням вимог до надійності електропостачання, виконати вибір та розрахунок перерізів кабелів з необхідними перевірками ;
- Визначити доцільність спорудження та потужність розподільного пункту;
- Вибрати схеми розподільних мереж середньої напруги з уражуванням вимог до надійності електропостачання, виконати вибір та розрахунок перерізів кабелів з необхідними перевірками;
- Вибрати схеми постачальних мереж середньої напруги з уражуванням вимог до надійності електропостачання, виконати вибір та розрахунок перерізів кабелів з необхідними перевірками;
- Вибрати трансформатори та розрахувати навантаження постачальної підстанції;
- Виконати розрахунок струмів короткого замикання та виконати перевірку обраних перерізів розподільних та постачальних мереж середньої напруги.

Студент отримує індивідуальний бланк завдання з вихідними даними: план мікрорайону міста в масштабі 1:2000 з експлікацією житлових і громадських будівель із зазначенням промислових підприємств, які можуть знаходитись на території, що прилягає до мікрорайону.

Бланк завдання недійсний без підпису викладача, який видав завдання, дати видачі та терміну здачі проєкту, відомостей про курс, групу і прізвище студента. Типовий бланк завдання на курсовий проєкт наведений додатку А.

Звіт про виконання курсового проєкту оформлюють у вигляді пояснювальної записки і супровідного графічного матеріалу. Пояснювальна записка повинна в короткій і чіткій формі розкривати зміст проєкту, містити обґрунтування проєктних рішень, техніко-економічне порівняння варіантів проєктних рішень та обґрунтовані висновки. Пояснювальна записка повинна бути написана грамотною, чіткою інженерною технічною мовою. Розрахунки слід супроводжувати короткими поясненнями та посиланнями на літературу. Формули наводять у буквенному виразі, а потім - у цифровому. Результати обчислень обов'язково вказують із зазначенням розмірності отриманих величин. Розрахунки, які повторюються багаторазово, приводять тільки один раз, а результати зводять в таблицю. Текст пояснювальної записки слід доповнювати ілюстраціями (діаграмами, схемами, тощо).

Графічна частина проєкту складається з одного аркуша формату А1, на якому повинен бути представлений план мікрорайону міста з експлікацією житлових та громадських споруд, промислових підприємств з нанесенням трансформаторних підстанцій, розподільних пунктів, підстанцій, які є центром живлення, розподільних мереж низької та середньої напруги із зазначенням марок та перерізів кабелів.

1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЄКТУВАННЯ МІСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ РІЗНИХ КЛАСІВ НАПРУГИ

Міські електричні мережі здійснюють передачу електричної енергії безпосередньо до місць її споживання на середній та низькій напругах. Живлення цих мереж здійснюється від збірних шин понижувальних підстанцій (центрів живлення).

По міських розподільних мережах передається до 30% виробленої в країні енергії. Важливе значення має раціональне будівництво міських мереж, оскільки окрім електропостачання міських споживачів відбувається живлення дрібних та середніх промислових підприємств.

Міські мережі - найбільш типові представники розподільних мереж загального користування.

Система електропостачання міста - це сукупність електростанцій, підстанцій, розподільних та постачальних ліній, і електроприймачів, яка забезпечує постачання електроенергією комунально-побутових, промислових і транспортних споживачів, розташованих на території міста.

Зі зростанням промислового та житлово-громадського будівництва в містах виникає необхідність спорудження нових міських електричних мереж та підстанцій, до яких пред'являють все більш високі вимоги надійного і безперебійного електропостачання споживачів.

Джерелом живлення систем електропостачання міста є міські електричні станції та підстанції.

Центром живлення називається розподільний пристрій генератора напруги електричної станції або розподільний пристрій вторинного напруги 10 - 20 кВ понижувальної підстанції, до шин якого приєднується розподільча мережі даного району.

У складі електричних мереж систем електропостачання міста в ряді випадків споруджуються розподільні пункти 10 - 20кВ, призначені для прийому електроенергії від постачальних підстанцій по обмеженій кількості ліній живлення (2 - 4) і видачі в розподільну мережу.

Завданням проектування системи електропостачання міста є створення економічно доцільної системи, що забезпечує необхідну кількість і якість комплексного електропостачання всіх споживачів, а також забезпечує їх економічну експлуатацію.

Найбільш розповсюдженими в якості джерел живлення міських електричних мереж є підстанції 110/10 кВ. В деяких випадках при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні використовуються в якості джерел живлення міських електричних мереж 35/10 кВ.

2. ВИМОГИ ДО НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ І ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.

Надійність електропостачання регламентується Правилами улаштування електроустановок. У відповідності з ПУЕ електроприймачі поділяються на три категорії:

Електроприймачі за надійністю електропостачання поділяють на такі три категорії:

Електроприймачі I категорії – електроприймачі, переривання електропостачання яких може спричинити: небезпеку для життя людей, значний матеріальний збиток споживачам електричної енергії (пошкодження дорогого основного обладнання, масовий брак продукції), розлад складного технологічного процесу, порушення функціонування особливо важливих елементів комунального господарства. У складі електроприймачів I категорії виділяється особлива група електроприймачів, безперебійна робота яких є необхідною для безаварійної зупинки виробництва з метою запобігання загрози життю людей, вибухам, пожежам і пошкодженням високовартісного основного обладнання, втраті важливої інформації.

Електропостачання приймачів I категорії надійності електропостачання, як правило, здійснюють від двох близько розташованих трансформаторних підстанцій. За неможливості через місцеві умови здійснити живлення від різних трансформаторних підстанцій, допускається живлення від різних трансформаторів однієї підстанції. Трансформатори повинні живитись по високій стороні взаєморезервованими лініями, які в свою чергу повинні бути підключені до різних незалежних джерел живлення і мати необхідний резерв пропускної здатності елементів системи залежно від навантаження електроприймачів I категорії надійності електропостачання. Для електроприймачів особливої групи I категорії надійності електропостачання необхідно передбачити додаткове живлення від третього незалежного взаєморезервованого джерела живлення, що забезпечує електропостачання визначеної тривалості.

Електроприймачі II категорії – електроприймачі, перерва електропостачання яких призводить до масового недовідпуску продукції, масових простоїв робітників, механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності значної кількості міських і сільських жителів. Електроприймачі III категорії – решта електроприймачів, що не підпадають під визначення I та II категорій. Категорії надійності електропостачання визначають залежно від технології основного виробництва споживача електроенергії згідно з вимогами ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення». Остаточні категорії надійності узгоджуються замовником проекту електропостачання споживача від зовнішніх джерел електроенергії.

Електропостачання приймачів II категорії надійності електропостачання рекомендується здійснювати від двох незалежних взаєморезервованих джерел. Допускається перерва в електропостачанні на час, необхідний для вмикання резервного живлення черговим персоналом чи виїзною оперативною бригадою.

Електропостачання приймачів III категорії надійності електропостачання може здійснюватись від одного джерела живлення за умови, що перерва в електропостачанні, яка необхідна для ремонту і заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, не перевищує однієї доби.

Допускається, як виняток, поширювати вимоги до надійності електропостачання електроприймачів більш високої категорії на електроприймачі нижчої категорії будинку або споруди з ініціативи власника за узгодженням з електропередавальною організацією.

Електроприймачі II категорії необхідно забезпечувати електроенергією від двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення. Для електроприймачів II категорії в разі порушення електропостачання від одного з джерел живлення переривання електропостачання є допустимим на час, необхідний для увімкнення резервного живлення діями чергового персоналу або виїзної оперативної бригади.

Для електроприймачів III категорії електропостачання може здійснюватися від одного джерела живлення за умови, що час переривання електропостачання, необхідний для ремонту або заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, не перевищує однієї доби.

Повний перелік споживачів відповідних категорій та вимоги до організації їх електропостачання визначені ДЕРЖАВНИМИ БУДІВЕЛЬНИМИ НОРМАМИ УКРАЇНИ (ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення).

Якість напруги визначається вимогами ГОСТ 13109-97 [4]. При цьому нормуються відхилення напруги на затискачах електроприймачів, коливання, несиметрія і несинусоїдальність напруги. На стадії перспективного проектування міських електричних мереж при відсутності детальних проектів електрообладнання житлових та громадських споруд, а також промислових підприємств необхідно передбачити засоби централізованого регулювання напруг, що забезпечують допустимі відхилення на затискачах електроприймачів.

Відхилення напруги на затискачах основної маси електроприймачів, що живляться від мереж загального користування, не повинно перебільшувати границі +5%. Для підтримання нормованих відхилень напруги передбачається зустрічне регулювання напруги на шинах центра живлення, при якому напруга автоматично змінюється відповідно графіку навантаження, а також створення постійної надбавки напруги за допомогою трансформаторів 10/0,4 кВ з переключенням без збудження.

При використанні трансформаторів зі ступенями регулювання $\pm 2,5\%$ допустимі втрати напруги в мережах 0,38 кВ повинні знаходитись в межах 7,5...10%. При цьому втрати напруги у внутрішньобудинкових мережах в залежності від кількості поверхів в жилих будівлях становить приблизно 1,5...2%. В громадських спорудах найбільша втрата напруги приймається 2,5%.

Таким чином, можна прийняти для проектних розрахунків допустиму втрату напруги від шин трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ до вводу в житлові та громадські споруди рівною 5%.

На прикінцевій стадії проектування необхідно перевіряти дійсні значення відхилень напруги споживачів.

3. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Розрахунковою величиною навантаження вважається найбільше значення півгодинної тривалості. Максимальне значення навантаження змінюється протягом року.

Використовуючи методи теорії ймовірності та математичної статистики, навантаження більш повно можна охарактеризувати значенням середнього максимуму та середньоквадратичного відхилення окремих максимумів від середнього значення. У випадку відповідності навантаження нормального закону розподілу згідно з правилом “трьох сигма” його максимальне значення може спостерігатись із ймовірністю близько 0,5%, тобто приблизно 2-3 рази в рік.

3.1. НАВАНТАЖЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Розрахункове навантаження групових мереж освітлення загальнобудинкових приміщень житлових будинків (сходових кліток, вестибюлів, технічних поверхів, підвалів, горищ, колясочних), а також житлових приміщень гуртожитків, слід визначати за світлотехнічним розрахунком з коефіцієнтом попиту ($K_{\text{поп}}$) рівним 1.

Житла (квартири) щодо оснащеності побутовими електроприладами та їх розрахункових навантажень умовно поділяються на три види:

1 - житла (квартири) в будинках масового будівництва, споруджені чи споруджувані із загальною площею від 35 до 95 м² та заявленою (встановленою) потужністю електроприймачів до 30 кВт;

2 - житла (квартири) в багатоквартирних будинках, споруджені чи споруджувані із загальною площею від 100 до 300 м² та заявленим замовником високим рівнем комфортності, що відповідає встановленій потужності електроприймачів від 30 до 60 кВт;

3 - житла (квартири) в котеджах, будинках, споруджені чи споруджувані в розрахунку, як правило, на одну родину із загальною площею від 150 до 600 м² та заявленим Замовником високим рівнем комфортності, що відповідає встановленій потужності електроприймачів від 60 до 140 кВт.

Для жител 1-го виду (квартир у багато- та малоквартирних будинках, будинків на одну родину і будиночків на ділянках садівничих товариств) встановлюються п'ять рівнів електрифікації та відповідні їм нормативні розрахункові питомі навантаження:

I - житла (квартири) з плитами на природному газі;

II - житла (квартири) з плитами на скрапленому газі;

III - житла (квартири) з електричними плитами потужністю до 8,5 кВт;

IV - житла (квартири) з електричними плитами потужністю до 10,5 кВт;

V - будиночки на ділянках садівничих товариств.

Для жител 2-го виду встановлюються два рівні електрифікації та відповідні їм нормативні розрахункові питомі навантаження:

I - житла (квартири) з плитами на природному газі;

II - житла (квартири) з електричними плитами потужністю до 10,5 кВт.

Встановлені нормативи питомих електричних розрахункових навантажень враховують застосування в житловому приміщенні побутових кондиціонерів повітря (або інших аналогічних за потужністю приладів та комфортного електричного доопалення у межах 7-15 % від загальної потреби в теплі з розрахунку 60-120 Вт на 1 м² доопалюваної площі).

Розрахункове навантаження групи жител з однаковим питомим електричним навантаженням, приведене до лінії живлення, вводу в житловий будинок, шин напругою 0,4 кВ ТП $P_{ж_N}$, визначається за формулою

$$P_{ж_N} = P_{ж_n} \cdot N, \quad (1)$$

де $P_{ж_n}$ - питоме розрахункове електричне навантаження одного житла (квартири), яке вибирається в залежності від прийнятого рівня електрифікації та кількості квартир, приєднаних до даної ланки електромережі, кВт/житло; N - кількість жител (квартир), приєднаних до вводу, лінії, трансформаторної підстанції.

Питомі розрахункові електричні навантаження жител охоплюють навантаження освітлення загальнобудинкових приміщень.

Для вибору приладів обліку та апаратів захисту на вводі житла (квартири) приймають питоме розрахункове навантаження одного житла.

Питомі розрахункові навантаження для кількості жител, незафіксованої в таблиці, визначаються інтерполяцією.

Розрахункове електричне навантаження жител 2-го виду допускається визначати в проекті внутрішнього електрообладнання квартири (будинку) залежно від конкретного набору електропобутових приладів і режиму їх

роботи, що характеризується середньою ймовірністю ввімкнення (коефіцієнтом попиту) і неспівпадання господарських робіт у квартирі, як для жител 3-го виду.

Питомі розрахункові навантаження не враховують загальнобудинкове силове навантаження, освітлювальне і силове навантаження вбудованих (прибудованих) приміщень громадського призначення, навантаження реклами, застосування в квартирах повного електричного опалення та електропідігрівання води, а також навантаження системи протиобліднення даху на основі нагрівальних кабелів.

Таблиця фіксує значення розрахункових навантажень для зимового вечірнього максимуму. Дія визначення в разі потреби ранкового чи денного максимуму навантаження застосовують коефіцієнти: 0,7 - для житлових будинків і електроплитами; 0,5 - для житлових будинків з газовими плитами.

Електричне навантаження житлових будинків у період літнього максимуму можна визначати шляхом множення наведених у таблиці навантажень зимового максимуму на коефіцієнти: 0,8 - для квартир і електричними плитами; 0,7 - для квартир з плитами на природному газі; 0,6 - для квартир з плитами на скрапленому газі та твердому паливі.

Навантаження ілюмінації потужністю до 10 кВт (у розрахунковому навантаженні на ввіді в будинок не враховується).

Для жител 3-го виду рівень електрифікації не має обмежень, визначається Замовником і може включати повне електроопалення та електропідігрівання води.

Розрахункове навантаження на ввіді житла (котеджу) 3-го виду слід визначати відповідно до завдання на проектування за проектом внутрішнього електрообладнання залежно від параметрів застосовуваних приладів, режимів їх роботи та відповідних теплотехнічних розрахунків.

Потужність електротеплоакумуляційних систем повного опалення на передпроектних стадіях орієнтовно визначається з розрахунку 200-300 Вт на 1 м² загальної площі житла (у період мінімальних навантажень енергосистеми).

Допускається в попередніх розрахунках визначати питоме навантаження на ввіді такого житла (котеджу) $P_{кт.п.}$ за формулою

$$P_{кт.п.} = P_{заяв(ус)} \cdot K_{ноп} , \quad (2)$$

де $P_{заяв(ус)}$ - заявлена (установлена) потужність електроприймачів, яку визначають додаванням номінальних потужностей електро побутових та освітлювальних приладів, систем електричного опалення та електроводопідігрівання, що ними оснащується житло (котедж), кВт;

$K_{ноп}$ - коефіцієнт попиту визначається залежно від величини заявленої потужності електроприймачів у житлі.

Розрахункове навантаження ліній живлення та на шинах 0,4 кВ ТП від електроприймачів жител (котеджів) 3-го виду з однаковими питомими навантаженнями на вводі $P_{ктN}$ попередньо можна визначати за формулою

$$P_{ктN} = P_{ж_n} \cdot N \cdot K_{од}, \quad (3)$$

де $P_{ж_n}$ - питоме навантаження на вводі одного даного типу житла (котеджу), кВт/житло (котедж); N - кількість жител (котеджів), приєднаних до даної ланки мереж; $K_{од}$ - коефіцієнт одночасності, визначається відповідно до кількості жител (котеджів) та їх характеристик.

Розрахункове навантаження силових електроприймачів житлового будинку, приведене до вводу, лінії або шин напругою 0,4 кВ ТП, $P_{сил}$ визначається за формулою

$$P_{сил} = \sum_1^n P_l \cdot K_{нон_l} + \sum_1^n P_{сан} \cdot K_{нон_{сан}} \quad (4)$$

де $P_{л1} \dots P_{лn}$ - встановлена потужність електродвигуна кожного з ліфтів за паспортом, кВт; $K_{нон_l}$ - коефіцієнт попиту для ліфтів, що визначається залежно від кількості ліфтових установок та кількості поверхів будинку; $P_{сан1} \dots P_{санn}$ - встановлена потужність кожного електродвигуна сантехнічних установок за їх паспортами, кВт; $K_{нон_{сан}}$ - коефіцієнт попиту для електродвигунів сантехнічних установок.

Розрахункове навантаження житлового будинку в цілому (від жител, силових електроприймачів та вбудованих чи прибудованих приміщень) за умови, коли найбільшою складовою є навантаження від жител, $P_{буд.ж}$ визначають за формулою

$$P_{буд.ж} = P_{ж} + 0,9P_{сил} + \sum_1^n P_{гр} \cdot K_y, \quad (5)$$

де $P_{ж}$ - розрахункове навантаження електроприймачів жител (квартир), кВт; $P_{сил}$ - розрахункове навантаження силових електроприймачів житлового будинку, кВт; $P_{гр1} \dots P_{грn}$ - розрахункові навантаження вбудованих чи прибудованих громадських приміщень, кВт, що живляться від електрощитової житлового будинку (визначаються за методикою, викладеною в підрозділі «Навантаження громадських будинків (приміщень), та споруд, адміністративних і побутових будинків (приміщень) підприємств» кВт; $K_{y1} \dots K_{yn}$ - коефіцієнти участі в максимумі навантаження квартир і силових електроприймачів житлового будинку, навантажень вбудованих і прибудованих приміщень.

Розрахункове навантаження житлового будинку, коли найбільшою складовою і навантаження вбудованої чи прибудованої громадської установи,

3.2. НАВАНТАЖЕННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДИНКІВ (ПРИМІЩЕНЬ) ТА СПОРУД, АДМІНІСТРАТИВНИХ І ПОБУТОВИХ БУДИНКІВ (ПРИМІЩЕНЬ) ПІДПРИЄМСТВ

Розрахункове навантаження ліній, що живлять робоче освітлення громадських будинків (приміщень) та споруд, адміністративних і побутових будинків (приміщень) підприємств, $P_{oc.p}$ визначається за формулою

$$P_{oc.p} = P_{oc.p_{yc}} K_{non_{oc.p}}, \quad (6)$$

де $P_{oc.p_{yc}}$ - установлена потужність робочого освітлення, кВт; $K_{non_{oc.p}}$ - коефіцієнт попиту робочого освітлення залежно від його встановленої потужності.

Розрахункове електричне навантаження конференц-залів і актових залів у всіх елементах мережі будівель слід визначати за найбільшим з навантажень - освітлення залу і президії, кінотехнології чи освітлення естради.

У розрахункове навантаження кінотехнологічного устаткування конференц-залів і актових залів слід включати потужність одного найбільшого кінопроекційного апарата з його випрямною установкою і потужність працюючої звукопідсилювальної апаратури з коефіцієнтом попиту рівним 1. Якщо в кінопроекційній встановлена апаратура для кількох форматів екрана, то в розрахункове навантаження повинна включатися апаратура найбільшої потужності.

Розрахункове навантаження силових вводів будівель (приміщень), що належать до одного комплексу, але мають різне функціональне призначення (наприклад, навчальні приміщення і майстерні ПТУ, спеціальні навчальні заклади і школи; перукарні, ательє, ремонтні майстерні комбінатів побутового обслуговування; громадські приміщення і обчислювальні центри тощо), слід приймати з коефіцієнтом розбіжності максимумів їхніх навантажень рівним 0,85. При цьому сумарне розрахункове навантаження повинне бути не меншим за розрахункове навантаження найбільшої з груп споживачів.

Розрахункове електричне навантаження гуртожитків ПТУ, середніх навчальних закладів і шкіл-інтернатів слід визначати відповідно до вимог підрозділу "Навантаження житлових будинків" а його участь у розрахунковому навантаженні навчального комплексу - з коефіцієнтом рівним 0,2.

Розрахункове електричне навантаження на вводах в громадські будівлі визначають по електрообладнанню цих будівель. Громадські будівлі характеризуються певними показниками, приведеними в експлуатації на плані міста. Енергоносій для приготування їжі в дитячих яслах та садках, школах, лікарнях, домах відпочинку, гуртожитках приймається, як правило, такимож, як і в жилих будинках. В теперішньому часі широко розповсюджені суспільно-торговельні центри, які сполучають комунально-побутові заклади всіякого призначення. Припускаються вбудован в жилі будинки підприємства торгівлі

та суспільного харчування. В цих випадках для різних електроприймачів застосовуються свої питомі розрахункові електричні навантаження згідно з дод. 2-6.

3.3 РОЗРАХУНКОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ ЛІНІЇ ЖИВЛЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ ПРИ СПІЛЬНОМУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННІ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ (ПРИМІЩЕНЬ) РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Розрахункове навантаження лінії живлення (ТП) при спільному електропостачанні цивільних будівель (приміщень) різного призначення $P_{\delta,ц}$ визначається за формулою

$$P_{\delta,ц} = P_{\delta_{\max}} + P_{\delta 1} \cdot K_1 + P_{\delta 2} \cdot K_2 + \dots + P_{\delta n} \cdot K_n, \quad (7)$$

де $P_{\delta_{\max}}$ - найбільше з навантажень будівель (приміщень), що живляться лінією (ТП), кВт; $P_{\delta 1} \dots P_{\delta n}$ - розрахункові навантаження всіх інших будівель (приміщень), крім будинку, що має найбільше навантаження $P_{\delta_{\max}}$, які живляться лінією (ТП), кВт; $K_1, K_2 \dots K_n$ — коефіцієнти, що враховують частку електричних навантажень будівель (приміщень) громадського призначення і житлових будинків у найбільшому розрахунковому навантаженні $P_{\delta_{\max}}$.

Попередні орієнтовні розрахунки електричних навантажень будівель (приміщень) громадського призначення допускається виконувати за укрупненими питомими електричними навантаженнями,

Сумарне навантаження мікрорайону визначається як сума навантажень житлових будинків, громадських споруд, промислових підприємств, що розташовані на території мікрорайону, з урахуванням навантаження вуличного освітлення.

3.4. НАВАНТАЖЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Максимальне розрахункове навантаження промислового підприємства

$$P_{\mathcal{M}} = P_{\text{вст}} K_{\text{ноп}}, \quad (8)$$

де, $P_{\text{вст}}$ – встановлена потужність підприємства; $K_{\text{ноп}}$ – коефіцієнт попиту.

Навантаження підприємства, що входить до сумарного максимуму мережі:

$$P_{\mathcal{M}.. \mathcal{M}} = P_{\mathcal{M}} K_{\mathcal{M}} \quad (9)$$

4. РОЗРАХУНОК ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ 10/0,4 кВ

Вибір навантаження силових трансформаторів є головною задачею при оптимізації системи електропостачання. Трансформатори слід вибирати з імоги економічно доцільного режиму їх роботи і відповідного забезпечення живлення споживачів при відключенні одного з трансформаторів.

Визначення потужності трансформаторних підстанцій – складна задача, оскільки кількість та потужність ТП 10/0,4 кВ впливають на техніко-економічні показники розподільних мереж середньої та низької напруг. Збільшення кількості ТП та зменшення їх потужності призводить до збільшення протяжності кабельних ліній 10 кВ та скорочення довжини кабельних ліній 0,38 кВ. При зменшенні кількості ТП скорочується протяжність мережі 10 кВ, але зростає довжина лінії 0,38 кВ.

В системах електропостачання застосовуються одно- та двотрансформаторні підстанції. Однотрансформаторні ТП 10/0,4 кВ застосовуються при необхідності ремонту або заміни пошкодженого елемента живлення електричних приймачів III категорії навантажень, для живлення електричних приймачів II категорії, за умови резервування потужності по перемичках на вторинну напругу або при наявності складського резерву трансформаторів, що допускають перерву електропостачання на час не більше 1 доби.

Однотрансформаторні ТП мають перевагу ще й в тому відношенні, що якщо підприємство періодично працює в період малих навантажень, то можливо створювати економічно доцільний режим роботи трансформаторів, при наявності можливості між трансформаторними підстанціями на вторинних напругах відключати частину трансформаторів.

При наявності значної кількості електричних приймачів I і II категорій застосовуються двотрансформаторні ТП. У цьому випадку трансформатори обираються такою потужністю, щоб у разі виходу з роботи одного з них, інший трансформатор, який прийняв би на себе навантаження всіх споживачів, з урахування допустимого перевантаження (у цій ситуації можна тимчасово відключити електричні приймачі III категорії). За наявності сезонних навантажень, одно або двозмінній роботі обладнання з різним навантаженням на зміну, та інших випадках непостійного навантаження, вигідно змінювати приєднану потужність трансформаторів.

В результаті техніко-економічного порівняння кількох варіантів системи електропостачання, можна визначити доцільність спорудження одно- або двотрансформаторних підстанцій. Під час вибору варіанта основна увага приділяється мінімуму приведених витрат для спорудження системи електропостачання. Усі варіанти обов'язково повинні забезпечувати необхідний рівень надійності електропостачання.

При виборі потужності силових трансформаторів необхідно враховувати здатність трансформаторів до перевантаження: масляних - відповідно до рекомендацій ДСТУ 3463, сухих - згідно з технічними умовами на конкретний трансформатор. Загальні умови вибору потужності та кількості трансформаторів в ТП: в районах багатоповерхової забудови (5-16 поверхів) оптимальна потужність однострансформаторних ТП складає 630 кВА, двотрансформаторних – 2x400, 2x630 кВА; в районах багатоповерхової забудови (вище 16 поверхів) з енергоємними громадськими спорудами, комплексами рекомендується застосовувати ТП потужністю 1x1000, 2x1000 кВА (в окремих випадках – 1x1600 кВА). Орієнтовані значення потужностей трансформаторів трансформаторних підстанцій повинні бути уточнені при конкретному проектуванні.

В міських мережах, враховуючи нерівномірний графік навантаження протягом року та малу тривалість максимуму навантаження, може бути припущене завантаження трансформаторів в нормальному режимі до 120 %.

Живлення силових електроприймачів і освітлення рекомендується здійснювати від спільних трансформаторів.

Улаштування та розміщення вбудованих і прибудованих ТП, КТП, ЗРП необхідно виконувати відповідно до вимог ПУЕ. При цьому повинні бути виконані санітарні вимоги щодо обмеження рівнів шуму, вібрації та напруженості електричних полів у суміжних приміщеннях відповідно до СанПіН 3077. СанПіН 1304 і ДСНіП № 239. Крім цього необхідно передбачувати:

а) не розташовувати їх під приміщеннями з мокрими технологічними процесами (душовими, ваннами, вбиральнями тощо);

б) виконувати надійну гідроізоляцію, здатну протистояти проникненню вологи у випадках аварії систем опалення, водопроводу та каналізації;

в) кожний масляний трансформатор повинен розміщуватись в окремій камері, яка має вихід назовні. Кількість трансформаторів не повинна перевищувати двох при потужності кожного до 1000 кВ·А включно. При застосуванні КТП дозволяється розташовувати одну КТП з двома масляними трансформаторами потужністю кожного до 1000 кВ·А включно в одному приміщенні. Кількість сухих трансформаторів та їх потужність не обмежується. Приміщення ТП і КТП з масляними трансформаторами повинні розміщуватись на першому поверсі або в цокольній частині споруди вище рівня планувальної відмітки землі.

Вбудовані ТП, КТП, ЗРП повинні відокремлюватися від інших приміщень протипожежними перегородками 1-го типу та перекриттями 3-го типу згідно з ДБН В.1.1-7.

Підстанції з сухими трансформаторами дозволяється розташовувати всередині будинку або споруди в окремому приміщенні, в тому числі у підвалах.

При цьому повинна бути забезпечена можливість транспортування обладнання ТП для заміни і ремонту.

У спальних корпусах різних установ, у дитячих та дошкільних закладах, у навчальних корпусах загальноосвітніх, середніх, вищих навчальних закладів та ПТУ, у закладах охорони здоров'я розміщення вбудованих і прибудованих ТП, КТП, ДЕС, ЗРП не допускається.

У громадських будинках та спорудах іншого призначення дозволяється розташовувати вбудовані і прибудовані ТП, КТП, ЗРП напругою до 10 кВ.

У житлових будинках, як виняток, допускається розміщення вбудованих і прибудованих ТП з використанням сухих трансформаторів за узгодженням з місцевим органом державного пожежного нагляду і санітарно-епідеміологічною службою МОЗ України. Ці ТП не повинні розміщуватись під, над і безпосередньо примикати до житлових приміщень.

Розміщення і компоновка ТП і ЗРП повинні передбачати можливість цілодобового безперешкодного доступу до них персоналу електропередавальної організації. При цьому схема ТП повинна забезпечувати можливість експлуатації електропередавальною організацією обладнання напругою вище 1 кВ і силових трансформаторів, а абонентом обладнання напругою до 1 кВ.

У ТП слід установлювати силові трансформатори з глухозаземленою нейтраллю зі схемою з'єднання обмоток "зірка - зигзаг" при потужності до 250 кВ·А включно і "трикутник - зірка" при потужності 400 кВ·А і більше.

Необхідно улаштувати дороги для під'їзду автотранспорту до ТП, ЗРП і ДЕС.

У системах електропостачання електричних мереж міст найбільше застосування знайшли наступні одиничні потужності трансформаторів: 400, 630, 1000 кВА. Практика проектування і експлуатації показала необхідність застосування однотипних трансформаторів однакової потужності, так ж різноманітність їх створює незручності в обслуговуванні і викликає додаткові витрати на ремонт.

5 . РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ РОЗПОДІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ НИЗЬКОЇ НАПРУГИ

Згідно ПУЕ розподільні міські мережі до 1000 В (низької напруги) мають напругу 380/220 В і виконуються трифазними чотирьохпровідними з глухозаземленою нейтраллю;

Схеми розподільних мереж низької напруги повинні забезпечувати рівень надійності електропостачання відповідно до категорійності споживачів, якість електричної енергії, повинні мати можливості систематичного розвитку в міру зростання навантаження без корінного переулаштування, бути зручними в експлуатації та безпечними в обслуговуванні.

Схеми розподільних мереж низької напруги передбачають електропостачання від ТП до вводу кожної споруди.

Схеми розподільних мереж низької напруги, що здійснюють електропостачання споживачів 1 категорії, проектуються відповідно до зазначених вище вимог: електропостачання здійснюють від двох близько розташованих ТП, за неможливості через місцеві умови здійснити живлення від різних ТП допускається живлення від різних трансформаторів однієї ТП. Трансформатори повинні живитись по високій стороні взаєморезервованими лініями, які в свою чергу повинні бути підключені до різних незалежних джерел живлення і мати необхідний резерв пропускної здатності. Обов'язковою є вимога АВР на стороні 0,4 кВ. Місце установлення пристрою АВР на напрузі 0,4 кВ (централізовано на вводах у споруду чи децентралізовано біля електроприймачів I категорії надійності електропостачання) вибирається у проекті залежно від взаємного розташування, умов експлуатації і способу прокладання ліній живлення до віддалених електроприймачів.

За наявності АВР па стороні нижчої напруги вбудованих та прибудованих ТП улаштування його на ГРЩ, розміщеному в суміжному з ТП приміщенні, не потрібно.

Не вимагається спеціально улаштовувати АВР для електроприймачів 1 категорії надійності електропостачання, які мають технологічний резерв, що включається автоматично.

Схеми розподільних мереж низької напруги, що здійснюють електропостачання споживачів 2 категорії, виконується петльовими або двома паралельними кабелями.

Схеми електропостачання приймачів 3 категорії виконують розімкненими від одного джерела живлення.

У проекті рекомендується передбачати такі рішення, які забезпечують раціональне і економне використання електроенергії, а саме: побудову оптимальної розподільної мережі.

Принцип побудови міської розподільної мережі за умовами забезпечення необхідної надійності електропостачання споживачів, як правило, вибирається відповідно основної маси електричних споживачів даного району міста. Прийнятий спосіб побудови доповнюється необхідними засобами по створенню необхідної надійності електропостачання для окремих приймачів вищої категорії.

Варіанти розподільної мережі низької напруги повинні відповідати вимогам необхідної надійності електропостачання споживачів. Таким вимогам з відповідають петлеві та двохмагістральні мережі 0,38 кВ. Траси ліній намічають з врахуванням обраного розташування ТП та будинків мікрорайону. Вони повинні прокладатися вздовж контурів будинків, пешохідних переходів, по можливості не перетинати зони зелених насаджень та не проходити по спортивних та ігрових майданчиках. Однією із схем розподільних мереж

низької напруги є радіальна схема електропостачання 0,4 кВ з двома кабельними лініями (рис.5.1).

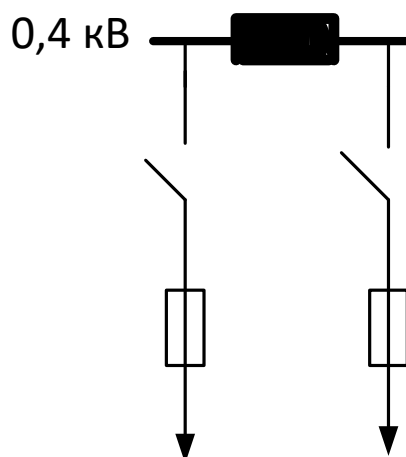


Рис. 5.1 – Радіальна схема електропостачання 0,4 кВ з двома кабельними лініями

Сучасні міста та їх умови обумовлені великою щільністю забудови і мають значне обмеження вільного простору. Електричні мережі міст, призначені для розподілу та передачі енергії, виконуються в більшості випадків з використанням кабельних підземних ліній, хоча експлуатація та спорудження таких кабельних ліній завжди обходиться дорожче, ніж повітряних. Залежно від місцевих умов співвідношення вартостей повітряної та кабельної ліній при однаковій пропускній здатності може досягати 1:10, що визначається великою вартістю самого кабелю і земляних робіт. Варто відзначити, що застосування підземних кабельних ліній не має альтернативних варіантів. За допомогою кабелів можлива прокладка ліній вздовж магістралей, перетин вуличних магістралей значним числом електричних кабелів будь-якої напруги. Велика територія для спорудження кабельних ліній не потрібна. Особливим аргументом на користь застосування підземних ліній є те, що вони достатньо захищені від випадкових атмосферних впливів та пошкоджень, до яких схильні повітряні лінії. Використання підземних кабельних ліній, в умовах міста, часто є єдиною можливим конструктивним виконанням рішення електричних мереж.

Кабельна лінія – лінія для передавання електричної енергії або окремих її імпульсів, складена з одного або декількох паралельно прокладених кабелів, кабельної арматури, систем, що підтримують кабелі, пристроїв кріплення і підтримування кабелів та арматури. До систем, які підтримують кабелі та їх арматуру, належать системи кабельних трубопроводів, системи кабельних коробів, системи кабельних лотків і системи кабельних драбин.

Силові кабелі призначені для передачі по них на відстань електроенергії, призначеної для живлення електричних установок. Вони мають одну або декілька ізольованих жил, поміщених в металеву або неметалічну оболонку,

поверх якої залежно від умов прокладення і експлуатації може бути відповідний захисний покрив і в необхідних випадках броня.

У районах багатоповерхової забудови розподільні мережі низької напруги виконуються зазвичай кабелями з алюмінієвими жилами. Мінімальний переріз для кабельних ліній 0,4 кВ застосовується 16 мм².

Вибір та перевірка перерізів кабелів кабельних ліній розподільної мережі низької напруги:

1. Робочий струм в нормальному режимі:

$$I_p = \frac{S}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U}, \quad (10)$$

де U – номінальна напруга, кВ; S – повна потужність, кВА.

Допустимий тривалий струм кабелів, визначають за документами виробника провідниково-кабельної продукції.

Кабелі повинні задовольняти вимогам щодо гранично допустимого нагріву з урахуванням не тільки нормальних, а й післяаварійних режимів, а також режимів у період ремонту і можливих нерівномірностей розподілу струмів між лініями, секціями шин тощо. Температура нагріву струмові

2. Перевірка вибраного перерізу в нормальному режимі:

$$I_p \leq I_{\text{дон}} \cdot k, \quad (11)$$

де I_p - робочий струм в нормальному режимі; $I_{\text{дон}}$ - допустимий струм кабеля; k – коригувальний коефіцієнт на кількість кабелів, які лежать поряд у землі (у трубах або без них потрібно застосовувати для визначення тривалих струмових навантажень за умови, що навантаження для 6, 5, 4, 3 і 2 прокладених поряд в одній траншеї кабелів перевищують відповідно 53 %, 56 %, 62 %, 67 % і 82 % допустимого навантаження одного кабелю. При цьому враховувати резервні кабелі не треба. Прокладати декілька кабелів у землі з відстанями між ними, меншеї ніж 100 мм у просвіті, не рекомендовано.

3. Струм в післяаварійному режимі:

$$I_{n/ав} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}, \quad (12)$$

4. Перевірка вибраного перерізу в післяаварійному режимі:

$$I_{n/ав} \leq I_{\text{дон}} \cdot k \cdot 1,3 \quad (13)$$

5. Допустима втрата напруги в нормальному і післяаварійному режимі:

$$\Delta U_H = \frac{\sum P_i r_i + \sum Q_i x_i}{10 U_H^2} \quad (14)$$

Реактивною складовою втрат напруги у більшості випадків можна знехтувати, оскільки індуктивний погонний опір практично не залежить від перерізу кабелю і є досить малою величиною.

$$\Delta U_H = \frac{P \cdot r_0 \cdot L}{10 \cdot U_H^2}, \quad (15)$$

де U – номінальна напруга (кВ); P – активна потужність (кВт); L – довжина кабельної лінії (км), r_0 – погонний активний опір кабелю, Ом/км.

Виходячі з вимог до якості напруги на зажимах основної маси електроприймачів при проектних розрахунках можна прийняти припустиму втрату напруги від шин ТП до введів в житлові та громадські будівлі рівною 5%.

6. РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ РОЗПОДІЛЬНОЇ ТА ПОСТАЧАЛЬНОЇ МЕРЕЖ СЕРЕДНЬОЇ НАПРУГИ

Розподільні та постачальні мережі напругою вище 1000 В (середньої напруги) виконуються трифазними з ізольованою нейтраллю напругою 10 кВ (20 кВ). Застосування напруги 20 кВ у міських розподільних мережах допустимо за таких умов: наявності генераторної напруги 20 кВ; реконструкція та розширення діючих мереж напругою 20 кВ.

6.1. ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА ВИБІР НАЙВИГІДНІШОЇ ПОТУЖНОСТІ РОЗПОДІЛЬНОГО ПУНКТУ

Пункт, призначений для прийому і розподілу електроенергії без її перетворення і трансформації, називають розподільчим пунктом (РП). Розподільчий пункт це розділена на секції електроустановка, яка складається зі збірних шин певної кількості комірок і коридору управління. Комірки служать для розміщення в них вимикачів, трансформаторів струму, лінійних і секційних роз'єднувачів, запобіжників, трансформаторів напруги, приладів захисту і іншого електроустаткування.

При виборі схеми електропостачання необхідно враховувати наявність джерел живлення в місті, їх кількість, віддаленість від споживачів, доцільність додаткових розподільних пунктів, а також виходячи з умов зручності експлуатування. Розподільні пункти і живильні лінії споруджувати доцільно з економічної точки зору при щільності електричного навантаження не менше 5 мВт/км². Розподільні пункти слід розміщувати в районі міста таким чином, щоб напрямок потоків енергії в живильній і розподільних мережах 10 кВ, по можливості, співпадав. При цьому зменшуються втрати енергії та скорочується витрати кабелю. Необхідно обрати найбільш вигідну потужність РП., використавши дані проектної практики щодо потужності РП в залежності від щільності навантаження. Спорудження РП дозволяє застосовувати в розподільних мережах 10 кВ кабелі середніх та малих перерізів. Однак слід завжди пам'ятати, що доцільність спорудження РП повинна підтверджуватися техніко-економічними показниками. Відсутність техніко-економічного порівняння варіантів може бути виправдана тільки необхідністю спрощення проекту електропостачання міських споживачів.

Крім визначення доцільності спорудження РП, потрібно вирішити задачу вибора найвигіднішої потужності РП. Для цієї мети можна використати дані проектної практики про доцільність потужності РП в залежності від щільності навантаження.

Поверхнева щільність навантаження:

$$\sigma = \frac{P_{p.m}}{F_m}, \quad (16)$$

де P_p – сумарне навантаження споживачів району (МВт), F_m – площа території району (км²).

При визначенні сумарного навантаження РП або окремих його секцій необхідно враховувати коефіцієнти одночасності в залежності від кількості ТП.:

$$S_{\Sigma РП} = \kappa \cdot \sum_{i=1}^n S_{ТПi}, \quad (17)$$

де S_{mni} – навантаження i -ї трансформаторної підстанції, κ – коефіцієнт суміщення розрахункових максимумів навантажень трансформаторів.

Знаючи найвигіднішу потужність РП, визначають їх кількість. При розміщенні РП на території міста слід стремити розташувати їх поблизу центрів навантажень районів з деяким зміщенням /10...15% / в бік джерела живлення в межах даного району, враховуючи потреби зручності експлуатації та будівництва. Найближчі трансформаторні підстанції 10/0,4 кВ поєднуються з РП, оскільки сумісні типові РП передбачають встановлення в них одного або двох трансформаторів 10/0,4 кВ потужністю до 630 кВА.

При наявності двохтрансформаторних РП припускається застосування з можливістю автоматичного резервування на боці 10 або 0,38 кВ. Схеми постачальних та розподільних мереж визначаються взаємним розташуванням джерел живлення, РП та ТП.

6.2. РОЗПОДІЛЬНА МЕРЕЖА СЕРЕДНЬОЇ НАПРУГИ

Схеми розподільних мереж середньої напруги 10 кВ забезпечують електропостачання кожного ТП від шин РП і будуються аналогічно схемам розподільних мереж низької напруги .

Схеми розподільчих мереж середньої напруги 10 кВ, що споруджуються на території міста, повинні забезпечувати рівень надійності електропостачання споживачів, необхідну якість електроенергії, мати можливість систематичного розвитку по мірі збільшення навантаження без корінного переобладнання, бути зручними в експлуатації і безпечними в обслуговуванні. В залежності від розмірів міста, розміщення підстанцій глибокого вводу, розподільча мережа середньої напруги може приєднуватися безпосередньо до РУ 10 кВ джерел живлення чи може містити додаткову ланку у вигляді постачальної мережі 10 кВ і РП. Згідно ПУЕ необхідне техніко-економічне обґрунтування

спорудження РП. Однак, як показує досвід розвитку міських мереж, в зв'язку з віддаленістю джерел живлення, а також за умовами зручності експлуатації в більшості випадків спорудження РП необхідне.

Після визначення положення РП на плані міста обирають схему постачальної та розподільної мережі 10 кВ. Для побудови розподільної мережі 10 кВ приймають, як правило, петлеву схему. На різні секції шин РП повинні замикатися не більш ніж на дві петлі, бо інакше суттєво знизиться ефективність використання обладнання РП.

Основний принцип побудови розподільної мережі - це поєднання кільцевих ліній 10 кВ, що резервуються. При використанні кільцевих схем розподільних мереж застосовуються, як правило, ТП з двома трансформаторами. Кільцеві лінії 10 кВ своїми кінцями спираються на різні секції шин центрів живлення або РП, внаслідок чого створюється можливість двостороннього живлення кожної ТП. До кожної кільцевої лінії 10 кВ підключається від 3 до 10 ТП. Завдяки простоті і наглядності, задовільним техніко-економічним показникам кільцеві схеми рекомендуються в якості основних при побудові розподільчих мереж середньої напруги. При кільцевій схемі за допомогою вибіркової автоматизації живлення можна забезпечити надійним електропостачанням і споживачів I категорії. Для цього замість роз'єднувача слід передбачити автоматичне введення резерву (АВР).

Для електропостачання споживачів мікрорайону міста застосовуємо радіальну схему живлення. Кожна трансформаторна підстанція отримує живлення двома лініями від РП. Лінії приєднані до різних секцій РП та працюють роздільно. Лінії спроектовані таким чином, що у аварійному режимі, струм не перевищує допустимого післяаварійного, відповідно вимог ПУЕ.

В аварійному режимі можливе живлення ділянки мережі від однієї секції шин РП.

При кільцевій схемі за допомогою вибіркової автоматизації живлення можна забезпечити надійним електропостачанням і споживачів I категорії. Для цього замість роз'єднувача на перемичці слід передбачити автоматичне введення резерву(АВР).

Особливості побудови магістральних кільцевих мереж розглянемо на прикладі ділянки мережі, зображеної на рис.6.1.

У нормальному режимі ТП1 отримує живлення по лінії Л1, а ТП3 - по лінії Л2. Роз'єднувач Р нормально відключений. Наприклад, при ушкодженні лінії Л1 вимикач В під дією захисту відключає цю лінію Л1 і ділянка знеструмлюються, включається роз'єднувач Р і подається живлення на ТП1. Після завершення ремонту і проведення необхідних випробувань схема електропостачання відновлюється.

При кільцевій схемі за допомогою вибіркової автоматизації живлення можна забезпечити надійне електропостачанням споживачів I категорії,

замість роз'єднувача Р слід передбачити автоматичне введення резерву (АВР).

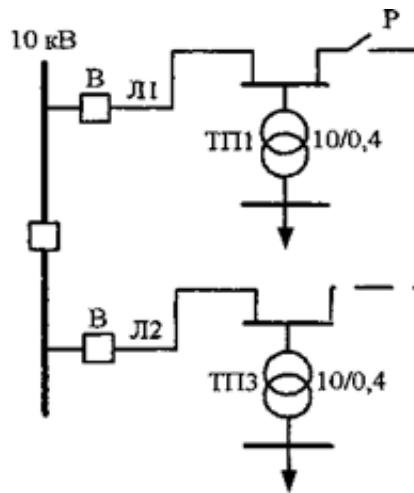


Рис. 6.1. Приклад розподільної мережі 10 кВ

При обиранні схем постачання промислового навантаження рекомендуються навантаження 400...1000 кВт, сумірні з потужністю міських розподільних трансформаторів, підключених до загальної розподільної мережі 10 кВ. Живлення промислових навантажень 1000...2000 кВт виконується, як правило, окремими лініями безпосередньо від шин РП. Промислові навантаження більш за 2000...2500 кВт рекомендується живити безпосередньо від шин джерела живлення.

Вибір та перевірка перерізів кабелів кабельних ліній розподільної мережі середньої напруги 10 кВ:

З огляду довжин кабельних ліній між окремими ТП економічні перерізи розподільної мережі 10 кВ приймаються постійними для окремих ділянок петлевої схеми. З цією метою використовується лінійно-квадратична променя:

$$S_{ЛК} = \sqrt{\frac{\sum_1^n S_i^2 \cdot l_i}{l_{\Sigma}}}, \quad (18)$$

де l – довжина ділянки (м), S_i – потужність ділянки (кВА), l_{Σ} – сумарна довжина променя (м).

1. Робочий струм в нормальному режимі:

$$I_{ЛК} = \frac{S_{ЛК}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (19)$$

де U_H – номінальна напруга, кВ.

2. Вибір перерізу за струмовими інтервалами

3. Робочий струм в післяаварійному режимі :

$$I_{n/ав} = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (20)$$

4.Перевірка перерізу в післяаварійному режимі:

$$I_{n/ав} \leq 1,3I_{дон} \cdot K, \quad (21)$$

При петлевій схемі найбільш тяжкий аварійний режим буде при виході з ладу однієї з головних ділянок.. Скорегований за умовами нагріву в післяаварійному режимі переріз головної ділянки розповсюджується на інші ділянки. Переріз резервних ліній перевіряється тільки по нагріву в післяаварійному режимі.

6.3. ПОСТАЧАЛЬНА МЕРЕЖА СЕРЕДНЬОЇ НАПРУГИ

Постачальна мережа напругою 10 кВ призначена для передачі електричної енергії від ЦЖ до РП і виконуються паралельними лініями від шин 10 кВ ЦЖ до кожної секції шин РП. Варіанти схем живильних мереж наведені на рис.6. 2 Наприклад, для живлення шин РП можна використовувати декілька паралельно працюючих ліній з використанням максимально спрямованого захисту для відключення пошкоджених ліній та збереження живлення шин РП в аварійному режимі. Паралельна робота постачальних ліній забезпечує найбільш вигідний режим їх роботи з мінімальними втратами електроенергії та створює безперебійне електропостачання споживачів. Однак паралельна робота ліній призводить до суттєвого збільшення потужності короткого замикання в розподільній мережі 10 кВ, що може вимагати встановлення реакторів на підстанціях або в РП. Суттєвим недоліком паралельної роботи є також необхідність застосування складного максимально спрямованого захисту. Тому в сучасних електричних мережах найбільш широке розповсюдження отримали схеми постачальних мереж 10 кВ з окремою роботою ліній в нормальному режимі та наявністю АВР на секційному вимикачі. Приєднання окремо працюючих ліній передбачається до різних секцій одного або декількох ЦЖ. При окремій роботі ліній трохи збільшуються втрати електричної енергії, але зменшується потужність короткого замикання та спрощується релейний захист. В ряді випадків використовуються комбіновані схеми постачальних мереж, які передбачають спільне використання паралельної та окремої роботи ліній. При цьому одна з секцій РП живиться по двох паралельних лініях, які взаємно резервуються і у випадку пошкодження вимикаються максимально спрямованим захистом. Друга секція живиться по одній лінії, при пошкодженні якої спрощує АВР однобічної дії на секційному вимикачеві. Використовуються також схеми постачальних мереж 10 кВ з резервними зв'язками між різними РП. Кінцевий вибір тієї або іншої схеми постачальної мережі визначається конкретними умовами.

Для живлення РП з великою прохідною потужністю застосовується схема з трьома кабельними лініями з живленням однієї з секцій по двом паралельно працюючим лініям. Кабельна лінія, що живить другу секцію РП, перевіряється за умовами нагріву тільки в нормальному режимі. При виході її з ладу безперебійне електропостачання забезпечують залишені в роботі дві паралельні кабельні лінії.

Оскільки сумарне навантаження РП складає звичайно близько 10 МВт і більше, згідно ПУЕ шини РП відносяться до 1 категорії та постачальні мережі 10 кВ повинні забезпечувати безперебійне постачання. З цією метою РУ 10 кВ підстанцій та РП виконуються секціонованими з автоматичним включенням резервів (АВР) на секціонному вимикачі.

Вибір та перевірка перерізів кабелів кабельних ліній постачальної мережі середньої напруги 10 кВ:

1. Робочий струм в нормальному режимі:

$$I_{cui1} = I_{cui2} = \frac{S_{\Sigma PП1}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} \quad (22)$$

2. Вибір перерізу за струмовими інтервалами

3. Перевірка вибраного перерізу в нормальному режимі:

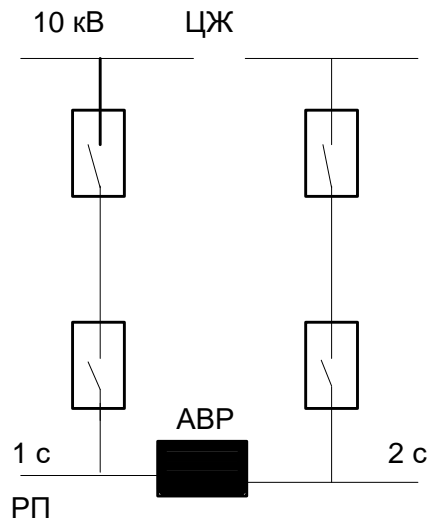
$$I_{лк} \leq I_{дон} \cdot \kappa \quad (23)$$

4. Робочий струм в післяаварійному режимі:

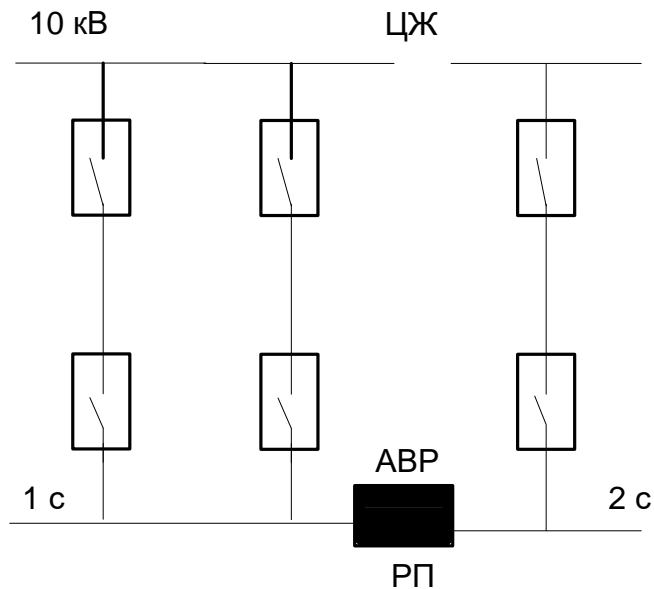
$$I_{n/ав} = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (24)$$

5. Перевірка переріз в післяаварійному режимі:

$$I_{n/ав} \leq 1,3 I_{дон} \cdot \kappa, \quad (25)$$



а)



б)

Рис. 6.2. Схеми підстачальних мереж 10 кВ при роботі кабельних ліній : а – окремої, б – сумісної паралельної та окремої.

7. РОЗРАХУНОК ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ

7.1. ВИБІР ТРАНСФОРМАТОРІВ ЖИВИЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІЇ

Джерелом живлення для електропостачання району може бути або района підстанція 110/35/10 кВ, або виконана за спрощеною схемою міська підстанція 110/35/10 кВ, які розміщені за межами мікрорайону. Як правило, крім навантаження міських споживачів до шин підстанції під'єднане навантаження

інших споживачів, яке розглядається як зосереджене, повинно враховуватися при виборі потужності трансформаторів. При визначенні сумарного навантаження підстанції слід врахувати коефіцієнт сумісності максимумів навантажень.

На підстанціях встановлюються два трансформатори з РПН та передбачається їх взаємне резервування з боку середньої та низької напруг. Вибір потужності виконується за сумарним розрахунковим навантаженням за умовами нормального та післяаварійного режимів:

$$2S_{\text{тр}} \geq S_p$$

де $S_{\text{тр}}$ - встановлена потужність трансформатора; S_p - розрахункове навантаження на шинах середньої та низької напруг.

При виході з ладу одного з трансформаторів навантаження повинен покривати другий трансформатор з врахуванням перенавантажувальної здатності $k_{\text{пер}}=1,4$:

$$S_{\text{тр}} \geq \frac{S_p}{1,4},$$

Питання релейного захисту та автоматики в цілому для підстанцій розглядаються, як правило, при проектуванні мереж високої напруги енергосистем.

7.2. РОЗРХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Питання захисту мереж середньої та низької напруг від струмів короткого замикання є надзвичайно важливим. При виборі елементів захисту та автоматики необхідно використовувати найбільш прості та надійні схеми з мінімальною кількістю апаратури.

Для захисту постачальних та розподільних мереж 10кВ від багатофазних замикань застосовується, в основному, максимальний струмовий захист на змінному оперативному струмі з максимальною витримкою часу до 0,5 с.. Таким чином, для забезпечення селективності відключення постачальних та розподільних ліній 10 кВ можна прийняти витримку часу для максимадного струмового захисту на РП 0,5 с, а на живильній підстанції - 1,0 с. На секційних вимикачах встановлюється максимальний струмовий захист, витримка часу якого узгоджується з роботою АВР. Для захисту від однофазних замикань застосовується струмовий захист з дією на сигнал. При паралельній роботі постачальних ліній слід застосовувати спрямований струмовий захист.

В міських електричних мережах передбачаються, як правило, телемеханічні пристрої для диспетчерського контролю стану обладнання РП та підстанцій. З допомогою телемеханіки здійснюється контроль положення комутаційних апаратів, вимірювання навантажень, а також аварійно-попереджувальна сигналізація.

За режимом короткого замикання (КЗ) потрібно перевіряти: 1) в електроустановках напругою понад 1 кВ: а) електричні апарати, струмопроводи, жили кабелів та їх екрани, фазні проводи повітряних ліній електропередавання із захищених проводів (ПЛЗ) та інші провідники, а також опорні та несучі конструкції для них; б) повітряні лінії електропередавання (ПЛ

При багатофазних коротких замиканнях в постачальній та розподільній мережах 10 кВ повинна бути забезпечена збереженність кабельних ліній. Мінімально припустимі перерізи кабельних ліній за умовами термічної стійкості до струмів короткого замикання

$$F_{кз} = I_{кз} \cdot \frac{\sqrt{t_{\phi}}}{C}, \quad (26)$$

де C - стала нагріву (для кабелів з алюмінієвими жилами $C=90$); $I_{кз}$ - струм короткого замикання у розрахунковій точці; t_{ϕ} - фіктивний час спрацювання захисту, приймається рівним дійсному часу спрацювання захисту.

Розрахунковими точками для кабелів розподільчої мережі є шини РП, а для постачальної мережі – шини джерела живлення.

В якості базисної потужності приймаємо потужність короткого замикання на шинах підстанції, а базисної напруги - напругу розподільчої мережі 10 кВ. Базисний струм визначаємо за формулою:

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma}} \quad (27)$$

Далі слід скласти схему заміщення, обравши розрахункові струми замикання, та визначити реактивний опір у відносних одиницях ситеми, трансформаторів та постачальних кабельних ліній:

$$x_{TP^*} = \frac{U_{k\%} \cdot S_{\sigma}}{100 \cdot S_{TP}} \quad (28)$$

$$x_l = \frac{S_{\sigma}}{U_{\sigma}^2} \cdot x_0 \cdot l \quad (29)$$

При визначенні опорів трансформаторів та постачальних кабельних ліній передбачається, що вони працюють паралельно. Обрані за економічними показниками та перевірені за умовами нагріву в нормальному та післяаварійному режимах перерізи кабелю постачальної та розподільної мережі 10 кВ повинні бути скореговані за умов термічної стійкості до струмів короткого замикання.

$$I_{кз} = \frac{I_{\sigma}}{x_{екв}^*} \quad (30)$$

ДОДАТОК А.

Національний технічний Університет України
“Київський політехнічний інститут”
імені Ігоря Сікорського
Кафедра електричних мереж та систем

ЗАВДАННЯ до виконання курсового проекту з дисципліни «Проектування електричних мереж» студента групи

Тема проекту: “Проект електричних мереж різних класів напруги міського мікрорайону”.

1. Вихідні дані до проекту:
план мікрорайону міста з експлікацією будівель(варіант №).
2. Центр живлення: відстань від РП _____ км ,
потужність к.з _____.
3. Потужність підприємств: _____ кВт.
4. Перелік питань, які підлягають розробці:
 1. Вибір енергоносіїв для приготування їжі.
 2. Розрахунок навантажень споживачів.
 3. Визначення категорії споживачів.
 4. Вибір потужності та місць розташування трансформаторних підстанцій 10/04 кВ.
 5. Розрахунок розподільної мережі напругою 0,4 кВ (вибір схеми, розрахунок та перевірка перерізів,).
 6. Визначення кількості розподільних пунктів та місць розташування, розрахунок потужності
 7. Розрахунок розподільної мережі напругою 10 кВ (вибір схеми, розрахунок та перевірка перерізів).
 8. Розрахунок навантаження промислових підприємств, вибір та розрахунок схеми електропостачання.
 9. Розрахунок постачальної мережі напругою 10 кВ (вибір схеми, розрахунок та перевірка перерізів).
 10. Розрахунок струмів к.з. і перевірка кабелів на термічну стійкість.
 11. Графічна частина: план електропостачання мікрорайону міста.

Дата видачі завдання _____.

Керівник проекту _____

Термін виконання курсового проекту _____

ДОДАТОК Б. ДОВІДНИКОВІ МАТЕРІАЛИ

Таблиця 1 – Категорії надійності електропостачання

Назва будівлі (будинку, споруди, приміщення) та електроприймачів	Категорія надійності електропостачання
Житлові будинки та гуртожитки заввишки понад 16 поверхів (понад 47 м умовної висоти) до 25 поверхів (до 73,5 м умовної висоти включно): електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, ліфти, аварійне освітлення (освітлення безпеки і евакуаційне), вогні світлової огорожі;	I
комплекс решти електроприймачів	II
Житлові будинки заввишки до 16 поверхів включно з електроплитами і електроводонагрівачами для гарячого водопостачання, за винятком одно-, восьмиквартирних будинків	II
Житлові одно-, восьмиквартирні будинки, в тому числі з електроплитами і електроводонагрівачами для гарячого водопостачання та електроопаленням	III
Житлові будинки заввишки понад 5 поверхів із плитами на природному, скрапленому газі або твердому паливі	II
Житлові будинки заввишки до 5 поверхів включно з плитами на природному, скрапленому газі або твердому паливі	III
Громадські будинки заввишки понад 16 поверхів (понад 47 м умовної висоти) і до 25 поверхів (до 73,5 м умовної висоти включно): електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, ліфти, аварійне освітлення, вогні світлової огорожі;	I
Лікувально-профілактичні (в т.ч. санаторно-курортні) заклади: електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, лікарняні ліфти, аварійне освітлення, охоронна сигналізація;	I
комплекс решти електроприймачів	II
Аптеки, здоров'я пункти: аптечні пункти, кіоски готових лікарських засобів, медичні кабінети, розташовані в житлових та громадських будинках	II III
Будинки навчальних закладів, в яких навчається понад 1000 осіб: електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, аварійне освітлення, охоронна сигналізація;	I
комплекс решти електроприймачів	II
Будинки навчальних закладів, в яких навчається: понад 200 до 1000 осіб включно;	II
до 200 осіб включно	III
Дошкільні навчальні заклади	II
Культурно-видовищні та дозвіллієві заклади, культові будинки та споруди, криті спортивні споруди: електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, аварійне освітлення, охоронна сигналізація;	I

Таблиця 1 (продовження) – Категорії надійності електропостачання

Назва будівлі (будинку, споруди, приміщення) та електроприймачів	Категорія надійності електропостачання
Підприємства торгівлі з торговою площею: понад 250 м ² до 2000 м ² включно;	II
до 250 м ² включно	III
Підприємства громадського харчування за кількості посадкових місць: понад 100 до 500 включно;	II
до 100 включно	III
Підприємства побутового обслуговування: ательє з кількістю робочих місць понад 50, салони-перукарні з кількістю робочих місць понад 15, хімчистки та пральні потужністю понад 500 кг білизни за зміну, лазні з кількістю місць понад 100;	II
ательє з кількістю робочих місць до 50 включно, салони-перукарні з кількістю робочих місць до 15 включно, хімчистки та пральні потужністю до 500 кг включно білизни за зміну, лазні з кількістю місць до 100 включно, ремонтні майстерні	III
Багатофункціональні будинки та комплекси, що мають приміщення різного призначення: електроприймачі систем протипожежного захисту, сигналізація загазованості, ліфти, аварійне освітлення, охоронна сигналізація, вогні світлової огорожі;	Згідно з найбільш високою категорією електроприймачів вказаного призначення з урахуванням кількості поверхів
комплекс решти електроприймачів	Згідно з категорією, що відповідає конкретному призначенню

Таблиця 2 - Орієнтовні питомі розрахункові електричні навантаження будинків та споруд (приміщень) громадського призначення

Об'єкти масового будівництва	Одиниця вимірювання	Питоме навантаження	Розрахункові коефіцієнти	
			потужності (cos φ)	реактив. навантаження (tg φ)
Підприємства громадського харчування:				
а) повністю електрифіковані з кількістю посадочних місць до 500 включно	кВт на місце	1,03	0,98	0,20
б) і кількістю місць. попал 500 до 1000 включ.		0,85	0,98	0,20
в) з кількістю місць понад 1000		0,75	0,98	0,20
г) частково електрифіковані (з плитами на газоподібному паливі) з кількістю місць до 500 включно		0,80	0,95	0,33
д) з кількістю місць понад 500 до 1000 включ.		0,70	0,95	0,33
е) з кількістю місць понад 1000		0,60	0,95	0,33
Підприємства роздрібної торгівлі:				
а) продовольчі без кондиціонування повітря	кВт на м ² торгової зали	0,23	0,85	0,62
б) продовольчі з кондиціонуванням повітря		0,25	0,80	0,75
в) промтоварні без кондиціонування повітря		0,14	0,85	0,62
г) промтоварні з кондиціонуванням повітря		0,15	0,80	0,75
д) універсами без кондиціонування повітря		0,15	0,87	0,57
е) універсами з кондиціонуванням повітря		0,20	0,85	0,62
Загальноосвітні школи:				
а) з електрифікованими їдальнями та спортзалами	кВт на одного учня	0,25	0,95	0,33
б) без електрифікованих їдалень, із спортзалами		0,17	0,90	0,48
в) з буфетами, без спортзалів		0,17	0,90	0,48
г) без буфетів і спортзалів		0,15	0,90	0,48
Професійно-технічні навчальні заклади з їдальнями	кВт на одного учня	0,45	0,8-0,92	0,75-0,48
Дитячі дошкільні заклади:				
а) з електрифікованими харчоблоками	кВт на місце	0,45	0,98	0,20
б) з газовими плитами		0,20		
Школи-інтернати	кВт на місце	1,10	0,95	0,33
Будинки-інтернати для інвалідів та людей похилого віку	кВт на місце	2,20	0,93	0,40
Заклади охорони здоров'я і відпочинку:				
а) лікарні хірургічного профілю з електрифікованими харчоблоками	кВт на ліжко-місце	2.50	0,92	0,43
б) хірургічні корпуси (без харчоблоків)		0.80	0,95	0,33
в) лікарні багатопрофільні з електрифікованими харчоблоками		2.20	0,93	0,40
г) терапевтичні корпуси (без харчоблоків)		0,50	0,95	0,33
д) радіологічні корпуси (без харчоблоків)		0,70	0,95	0,33
е) лікарні дитячі з електрифікованими харчоблоками		2,00	0,93	0,40
ж) терапевтичні корпуси дитячих лікарень (без харчоблоків)		0,40	0,95	0,33
Будинки відпочинку і пансіонати без кондиціонування повітря		кВт на місце	0,40	0,92

Таблиця 2 (продовження) - Орієнтовні питомі розрахункові електричні навантаження будинків та споруд (приміщень) громадського призначення

Об'єкти масового будівництва	Одиниця вимірювання	Питоме навантаження	Розрахункові коефіцієнти	
			потужності (cos φ)	реактив. навантаження (tg φ)
Дитячі табори	кВт на м ² житл. приміщ	0,03	0,92	0,43
Поліклініки	кВт на відвід. за зміну	0,15	0,92	0,43
Аптеки:	кВт на м ² торг. зали	а) без приготування ліків	0,93	0,40
б) з приготуванням ліків		0,90	0,48	
Кінотеатри та кіноконцертні зали:	кВт на місце	а) з кондиціонуванням повітря	0,92	0,43
б) без кондиціонування повітря		0,95	0,33	
Театри та цирку	кВт на місце	0,35	0,90	0,48
Палаци культури, клуби	кВт на місце	0,45	0,92	0,43
Готелі (без ресторанів):	кВт на місце	а) з кондиціонуванням повітря	0,85	0,62
б) без кондиціонування повітря		0,85	0,62	
Фабрики хімчистки та пральні самообслуговування	кВт/кг речей	0,08	0,75	0,88
Комбінати побутового обслуговування населення	кВт на роб. місце	0,60	0,85	0,62
Перукарні	кВт на роб. місце	1,45	0,97	0,25
Гуртожитки:	кВт на місце	а) з електроплитами на кухнях	0,95	0,33
б) без електроплит па кухнях		0,93	0,40	
Будівлі (приміщення) для науково-дослідних установ, проектних, управлінських, громадських організації та культових закладів, адміністративні будинки підприємств	кВт на м ² корисної площі	а) з кондиціонуванням повітря	0,85	0,62
б) без кондиціонування повітря		0,90	0,48	
Навчальні корпуси вищих, середніх спеціальних навчальних закладів (без їдалень):	кВт на м ² корисної площі	а) з кондиціонуванням повітря	0,90	0,48
а) з кондиціонуванням повітря		0,90	0,48	
б) без кондиціонування повітря		0,92	0,43	
Лабораторні корпуси вищих і середніх спеціальних навчальних закладів (без їдалень):	кВт на м ² корисної площі	а) з кондиціонуванням повітря	0,85	0,62
б) без кондиціонування повітря		0,87	0,57	
Гаражі (стоянки) індивідуального автотранспорту:	кВт на місце	а) стаціонарні відкриті стоянки	0,90	0,48
б) закриті гаражі-бокси		0,90	0,48	
в) закриті багатоповерхові та підземні гаражі		0,87	0,57	

Таблиця 3 - Коефіцієнти попиту для ліфтових установок

Кількість ліфтових установок	K_{pop_d} - для будинків заввишки	
	до 12 поверхів	12 і більше поверхів
2 – 3	0.80	0.90
4 – 5	0.70	0.80
6	0.65	0.75
10	0.50	0.60
20	0.40	0.50
25 і більше	0.35	0.40

Примітка. Коефіцієнт попиту для кількості ліфтових установок, не вказаної в таблиці, визначається інтерполяцією.

Таблиця 4. Розрахункові коефіцієнти потужності

Лінія живлення	Розрахункові коефіцієнти	
	потужності ($\cos \varphi$)	реактивного навантаження ($\tan \varphi$)
Квартири з електричними плитами	0,98	0,20
Квартири з електричними плитами і побутовими кондиціонерами повітря	0,93	0,40
Квартири з плитами на природному, зрідженому газі, на твердому паливі	0,96	0,29
Квартири з плитами на природному, зрідженому газі. Твердому налив та з побутовими кондиціонерами повітря		
Загальнобудинкове освітлення: з лампами розжарювання;	1 0,92	0,00 0,42
Господарські насоси, вентиляційні установки та інші санітарно-технічні пристрої	0,80	0,75
Ліфти	0,65	1,17

Примітка 1. Коефіцієнт потужності лінії, яка живить один електродвигун, приймається за каталожними даними цього двигуна.

Таблиця 5. Струмові інтервали для вибору перерізів кабелів напругою 10 кВ

$F_{ек}$ мм ²	35	50	70	95	120	150	185	240
$I_{гран.}$ А	0-34	34-51	51-79	79-128	128-165	165-213	213-240	240-270

Таблиця 6. Потужність РП

Поверхнева щільність навантаження, МВт/км ²	3	5	8	10	15
Потужність РП, МВт	8	11	14	16	18

Таблиця 7 - Питомі розрахункові електричні навантаження жител 1-го та 2-го видів

Споживачі електроенергії	Значення показника, кВт/житло, при кількості жител														
	1	3	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
1. Житла 1-го виду															
1.1 I-го рівня електрифікації – в будинках з плитами на природному газі	5,00	3,85	3,23	2,72	2,36	2,10	1,91	1,65	1,31	1,14	1,00	0,87	0,74	0,66	0,60
1.2 II-го рівня електрифікації – в будинках з плитами на скрапленому газі та на твердому паливі	6,50	5,01	4,20	3,53	3,07	2,73	2,48	2,15	1,70	1,48	1,30	1,12	0,96	0,86	0,78
1.3 III-го рівня електрифікації – в будинках з електроплитами потужністю до 8,5 кВт	10,00	8,19	5,56	4,44	3,76	3,33	3,05	2,72	2,35	2,10	1,73	1,38	1,31	1,19	1,10
1.4 IV-го рівня електрифікації – в будинках з електроплитами потужністю до 10,5 кВт	12,00	9,83	6,67	5,33	4,51	3,99	3,66	3,26	2,82	2,52	2,08	1,65	1,58	1,43	1,32
1.5 V-го рівня електрифікації – в будиночках на ділянках садовничих товариств	3,50	2,84	1,91	1,47	1,22	1,07	0,96	0,83	0,66	0,58	0,52	0,48	0,47	0,46	0,41
2. Житла 2-го виду															
2.1 I-го рівня електрифікації — в будинках з плитами на природному газі	9,00	6,33	5,29	4,36	3,72	3,26	2,94	2,51	2,00	1,78	1,62	1,47	1,24	1,08	0,99
2.2 II-го рівня електрифікації — в будинках з електроплитами потужністю до 10,5 кВт	16,00	13,05	8,34	6,41	5,39	4,77	4,36	3,83	3,18	2,83	2,51	2,16	1,88	1,77	1,76

Таблиця 8 – Коефіцієнти участі в максимумі навантаження

Назва будівлі (приміщення) з найбільшим розрахунковим навантаженням	Житлові будинки з	Житлові будинки з газовими плитами або на твердому паливі	Заклади громадського харчування – їдальні	Заклади громадського харчування – ресторани, кафе	Середні навчальні заклади	Загальноосвітні школи, ПТУ	Заклади адмін.-управлін., фінансові, проектно-конструктор.	Торгові підприємства однозміні	Торгові підприємства півтора- та двозміні	Готелі	Перукарні	Дошкільні дитячі заклади	Поліклініки	Комбінати побутового обслуговування, ательє	Підприємства комунального обслуговування	Культурні, видовищні заклади, кінотеатри
Житлові будинки з електроплитами	—	0,9	0,6	0,7	0,6	0,4	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,4	0,7	0,6	0,7	0,9
Житлові будинки з газовими плитами або на твердому паливі	0,9	—	0,6	0,7	0,5	0,3	0,4	0,5	0,8	0,7	0,7	0,4	0,6	0,5	0,5	0,9
Підприємства громадського харчування (їдальні ресторани, кафе)	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5
Школи, середні навчальні заклади, ПТУ, бібліотеки	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Торгові підприємства одно-, півтора- та двозміні	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Установи управління, фінансові, адміністративні будинки підприємств та проектно-конструкторські організації	0,5	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,5
Готелі	0,8	0,8	0,6	0,8	0,4	0,3	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,4	0,7	0,5	0,7	0,9
Поліклініки	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Ательє та комбінати побутового обслуговування	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Культурні, видовищні заклади, кінотеатри	0,9	0,9	0,4	0,6	0,3	0,2	0,2	0,8	0,7	0,7	0,8	0,2	0,4	0,4	0,5	—

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кирик В.В. Електричні мережі та системи: Підручник – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Видавництво «Політехніка», 2021. -324 с.
 2. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи: Підручник – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007. -488 з. Кирик В.В. Електричні мережі та системи. Навчальний посібник – Київ: Видавництво «Політехніка», 2014.
 4. Сегеда М.С., Бахор З.М., Яцейко Я.А.. Проектування ліній електричних мереж: Навчальний посібник – Львівська політехніка:, 2020.-200 с.
 5. Бардик Є.І., Лукаш М.П. Електрична частина станцій та підстанцій: Навчальний посібник - Київ: НТУУ «КПІ», 2011.
 6. СОУ-Н МЕВ 40.1-37471933-49:2011 Проектування кабельних ліній напругою до 330 кВ. Настанова
 7. ДБН В.2.5-23-2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення
- Додаткові:
1. ГКД 34.20.507-2003 Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила (уредакції наказу від 21.06.2019 № 271).
 2. ДСТУ EN 50160-2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення, 2014.
 3. ДСТУ ІЕС 60038:2015 Еталонна напруга за ІЕС (ІЕС60038:2009, ІДТ).
 4. Кодекс системи передачі, 2018.
 5. СОУ-Н ЕЕ 40.1-37471933-82:2013 Методичні рекомендації визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання, 2013.
 6. СОУ-Н МЕВ 40.1-00100227-68:2012 Стійкість енергосистем. Керівні вказівки, Київ, 2012.
 7. Правила улаштування електроустановок – Міненерговугілля України, 2017. - 617 с.