

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 621.311.1

ПОГОДЖЕНО

Директор Інституту енергетики,
автоматики і енергозбереження

/Каплун В.В./

(підпис)

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри
електропостачання
ім. проф. В.М. Синькова

/Гай О. В./

(підпис)

« » 2022 р.

« » 2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Зовнішнє електропостачання офісно-виробничої будівлі з
розробкою трансформаторної підстанції»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(код назва)

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

Заблудський М.М.

(підпис)

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Петренко А.В.

(підпис)

(ПІБ)

Виконав

Швидченко Є.О.

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ – 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
електропостачання ім. проф. В.М. Синькова

к.т.н. доцент Гай О.В.

(ступінь, звання) (підпис) (ПІБ)

« » 20 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Швидченку Євгенію Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(код і назва)

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи «Зовнішнє електропостачання офісно-виробничої будівлі з розробкою трансформаторної підстанції» затверджена наказом ректора Національного університету біоресурсів і природокористування України від 08.12.2021 р. № 2066 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи схема електромережі, електричні навантаження споживачів, електрична схема трансформаторної підстанції

Перелік питань, що підлягають дослідженню: аналіз ключових параметрів системи електропостачання; обчислення розрахункових навантажень району електропостачання; розрахунок потужності та вибір трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ; визначення структури та вибір схем розподільних мереж 0,4 і 10 кВ; оцінка якості напруги на електроприймачах офісно-виробничих будівель; заходи з охорони праці та техніки безпеки.

Перелік графічного матеріалу: презентація виконана в програмному забезпеченні MS Power

Point

Дата видачі завдання « » 2022 р.

Керівник магістерської роботи _____

(підпис)

Петренко А.В.

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Швидченко Є.О.

(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Метою магістерської роботи є створення технічно доцільної системи електропостачання офісно-виробничої будівлі з метою забезпечення необхідної якості комплексного електропостачання усіх електроприймачів та споживачів шляхом розробки зовнішнього електропостачання від трансформаторної підстанції у відповідності до діючих нормативних документів і стандартів.

Об'єктом дослідження є зовнішні електричні мережі та трансформаторна підстанція від яких отримує живлення будівля.

Предметом дослідження є взаємозв'язок параметрів зовнішніх електричних мереж, трансформаторної підстанції, офісно-виробничої будівлі як кінцевого споживача.

У роботі здійснено розрахунок електричних навантажень на вводі офісно-виробничої будівлі, що розташована на території мікрорайону, а також навантаження вуличного освітлення. Електричні навантаження на ввідних лініях до об'єктів перевірено за необхідними умовами з метою коректного вибору кабельної лінії та апаратури на вводі. Враховано коефіцієнти участі у максимумі навантажень, загальне електричне навантаження, що надає можливість правильного вибору потужностей та кількостей силових трансформаторів на підстанції. Для електропостачання електроприймачів були обрані кабельні лінії, за відповідними розрахунками електричних навантажень ліній у нормальних та післяаварійних режимах роботи, на основі технічних обмежень, можливого нагрівання та допустимих втрат напруги, а також з урахуванням застосування мінімальних перерізів за умов механічної міцності (в умовах монтажу та експлуатації). Для прокладки в мережі наругою 0,4 і 10 кВ вибраний кабель із пластмасовою ізоляцією.

Ключові слова: електропостачання, трансформаторна підстанція, пропускна здатність, зовнішні електромережі.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 6 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КЛЮЧОВИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ | 10 |
| РОЗДІЛ 2 ОБЧИСЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ РАЙОНУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ | 13 |
| 2.1 Розрахунок навантажень офісно-виробничих будівель | 13 |
| 2.2 Розрахунок навантажень електричного освітлення | 17 |
| 2.3 Загальний аналіз та прогнозування навантажень електропостачання | 18 |
| РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ТА ВИБІР ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ 10/0,4 КВ | 22 |
| 3.1 Збір вихідних даних для розрахунку та вибору потужності трансформаторної підстанції | 22 |
| 3.2 Визначення потужності та вибір трансформаторної підстанції | 22 |
| 3.3 Знаходження навантаження та обґрунтування місця розташування підстанції | 24 |
| РОЗДІЛ 4 ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ ТА ВИБІРУ СХЕМ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ 0,4 І 10 КВ | 29 |
| 4.1 Визначення перерізу кабелів 0,4 кВ | 30 |
| 4.2 Перевірка кабельних ліній за допустимими умовами | 30 |
| 4.3 Прогнозування терміну окупності зовнішніх кабельних мереж 0,4 кВ | 38 |
| 4.4 Розрахунок та вибір перерізу кабелів 10 кВ | 44 |
| 4.5 Перевірка кабельних ліній 10 кВ за допустимими умовами | 47 |
| РОЗДІЛ 5 ОЦІНКА ЯКОСТІ НАПРУГИ НА ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧАХ ОФІСНО-ВИРОБНИЧИХ БУДІВЕЛЬ | 54 |

РОЗДІЛ 6 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

64

6.1 Загальні положення з охорони праці

64

6.2 Захист людей від ураження електричним струмом

67

6.3 Розрахунок та улаштування контуру заземлення

трансформаторної підстанції

70

ВИСНОВКИ

73

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

75

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

Електрична енергія сьогодні є одним з головних продуктів ринку в умовах військового стану в країні. Розвиток суспільства та технологій не дозволяє уявити сучасну людину без використання електричної енергії. Дана

НУБІП України

опція є невід'ємною частиною нашого життя. Сучасні міста та навіть населені пункти є потужними споживачами електроенергії. Оптимальне проектування системи електропостачання дозволяє покращити ефективність використання

мереж. Їх конфігурація залежить від категорії споживачів, розташованих на території.

НУБІП України

Динамічність технологічних процесів у виробництві та закономірне їх осучаснення вимагають від системи електропостачання сучасних підприємств

гнучкості, простоти та надійності. При цьому промислові об'єкти різних галузей виробництва мають свої, зазвичай унікальні вимоги до проектування

НУБІП України

системи електропостачання. Саме для даної категорії споживачів вкрай важливими є правильність та логічність проектних рішень, адже завдяки оптимальній роботі проектувальника з електропостачання можна суттєво

зеконотити витрати на виробництва та зменшити собівартість продукції, що

НУБІП України

виробляється підприємством. Особливості, якими слід керуватися в роботі є: простота та масштабованість, відсутність перевантажень, забезпечення безперебійного виробничого процесу, безпека. Система електричного

постачання промислового підприємства не повинна бути багатоступінчастою,

НУБІП України

живильні мережі не мають бути занадто протяжними, а способи прокладання кабельних ліній слід обирати максимально простими. До того ж, система

повинна забезпечувати можливість впровадження нового обладнання, тобто повинна мати можливості масштабування. При проектуванні різних цехів

НУБІП України

підприємств важливим є не лише розміщення обладнання в цехах, але і визначення коректного місця розташування трансформаторної підстанції. За

можливості кожна ділянка повинна бути обладнана окремим розподільчим пристроєм, який встановлюється поряд з центром навантажень. Інші споживачі та ділянки не повинні мати можливості відключення до даного пристрою з метою уникання можливих перевантажень. На виробництвах з паралельними технологічними потоками мережа має бути побудована таким чином, щоб за необхідності відключення одного елемента мережі знеструмлювалися лише ті механізми, які відносяться до даного потоку. Інші технологічні потоки при цьому повинні лігатися в робочому стані. Усе використане електричне обладнання повинне мати відповідний ступінь захисту, що відповідає умовам конкретного цеху виробництва. Урахування всіх вищевикладених факторів сприяє розширенню виробничих процесів та їх вдосконалення.

Основними елементами системи електропостачання виробничих та офісних приміщень є: джерела живлення, лінії електропостачання від джерел живлення до самих приміщень, пункти прийому електричної енергії, розподільчі мережі, електроприймачі. Основними складовими частинами системи електропостачання є дві мережі – живильна та розподільча. Живильна мережа – це лінії, що відходять від джерела живлення до пункту прийому електричної енергії. Розподільча мережа – це лінії, що підводять електроенергію від пунктів прийому безпосередньо до електричного обладнання. У такому випадку схеми живлення можуть бути радіальними, магістральними та змішаними. Магістральна мережа включає в себе живлення вузлів та потужних споживачів за окремими лініями, що приєднані до магістралі у різних точках. Магістральні схеми є високонадійними, але можуть бути використані виключно в приміщеннях з нормальним середовищем та достатньо рівномірним розподілом електрообладнання. Перевагою радіальних схем є їх можливість використання у будь-якому середовищі. За даними схемами кожен споживач окремо з'єднується з підстанцією чи розподільчим

пунктом за окремою лінією. За умови використання змішаної схеми кожна магістраль живить ряд пунктів, від яких відходять радіальні мережі безпосередньо до приймачів. Радіальні схеми використовують для живлення потужних навантажень та потужних електричних двигунів.

Як і до будь-яких інших мереж окрім вищезазначеного також висуваються вимоги безперебійності, економічності, гнучкості, наближення до джерела живлення, мінімальне число ступенів трансформації, використання надійних магістральних схем, дотримання норм та правил у галузі електропостачання подібних підприємств. Багато подібних об'єктів можуть навіть мати власну

станцію підприємства у разі наявності значних об'ємів споживання електричної енергії або за наявності спеціальних вимог до надійності електропостачання за умови віддаленості підприємства від енергосистеми.

Вимоги до електропостачання подібних об'єктів значні та регулюються нормативними актами. Неабияку увагу слід приділити способу транспортування електричної енергії з урахуванням конструктивного виконання електроустановок та електричного обладнання. Подібні заходи зменшать кошторисні витрати на монтажні роботи, допоможуть уникнути так званого накладання електричних мереж одне на одного, мінімізують доробки

при монтажі та інтегрують усі інженерні системи між собою.

Метою даної магістерської роботи є створення технічно доцільної системи електропостачання офісно-виробничої будівлі з метою забезпечення необхідної якості комплексного електропостачання усіх електроприймачів та споживачів шляхом розробки зовнішнього електропостачання від трансформаторної підстанції у відповідності до діючих нормативних документів і стандартів.

Об'єктом дослідження є зовнішні електричні мережі та трансформаторна підстанція від яких отримують живлення приміщення.

Предметом дослідження є взаємозв'язок параметрів зовнішніх електричних мереж, трансформаторної підстанції, офісно-виробничих приміщень як кінцевих споживачів.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ КЛЮЧОВИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

НУВБІП УКРАЇНИ

Система електропостачання населеного пункту, так само як і офісно-виробничих приміщень складається з трансформаторних підстанцій, електричних мереж та обладнання призначеного для електропостачання споживачів. Розмір населеного пункту, близькість розташування джерела живлення та характер навантажень є визначними компонентами структурної схеми електричної мережі.

Розподільчі мережі напругами 0,4, 6 та 10 кВ служать для розподілення електричної енергії від джерел живлення до офісно-виробничих приміщень.

Схема електрична принципова мережі 0,4 кВ суттєво залежить від характеру навантажень споживачів та отримує живлення від трансформаторних підстанцій. Окремо встановлені трансформаторні підстанції не пов'язані з загальною електромережею можуть бути задіяні для живлення виробничих підприємств та групи комунально-побутових споживачів. Такі підстанції можуть бути автоматизованими, або мати в своєму комплекті пристрій автоматичного перемикання живлення на лінію резерву у разі виходу з ладу основної лінії.

Отже, головними чинниками впливу на загальну структурну схему електропостачання населеного пункту є розміри та параметри енергосистеми, характеристики споживачів, місцеві особливості.

Об'єктом електропостачання є офісно-виробнича будівля БЦ «Кристал» по вулиці Харківське шосе, 175 у Дарницькому районі міста Києва. Безумовною перевагою Бізнес Центру є автоматизована система управління опаленням, вентиляцією та кондиціонуванням, заснованим на застосуванні теплових насосів Lenox (США), що дозволяють повністю відмовитися від

використання міського теплостачання та автономно забезпечити кліматичний режим будівлі. Загальна площа будівлі становить 11500 м², площа приміщень 10500 м², паркінг займає 400 м² та конференц-центр 600 м².

Бізнес Центр «Кристал» розташований в районі з розвинутою інфраструктурою. Поруч станції м.Вирлиця – 400 м. та м. Бориспільська – 500 м. Офіс знаходиться за кілька метрів від парку Партизанської Слави.

Розвинена мережа супермаркетів: АТБ – 300 м., Сільпо – 500 м., Готель «Раціотель» – 50м. БЦ «Кристал» має два сучасні конференц-зали на 15 та 50

осіб. Всі зали оснащені необхідним обладнанням, бездротовим інтернетом,

системою кондиціонування та обігріву. На території конференц-центру розташоване кафе «Матео». Також у складі бізнес-центру наявне бр/босховище та дизель-генератор. Генеральний план облаштування

мікрорайону наведений на рисунку 1.1.

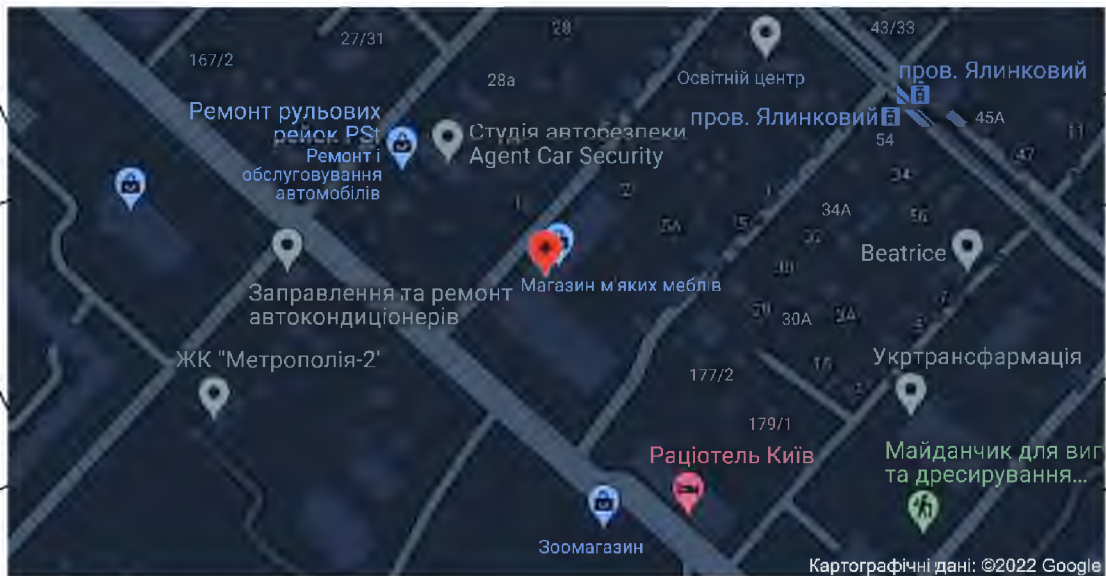


Рис. 1.1 Ситуаційний план облаштування мікрорайону.

Параметри споживачів зазначені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Дані будівель мікрорайону

| № будівлі | тип будівлі | Кількісний показник |
|---------------------------------------|----------------------------------|--|
| 28, 30, 32 | Житлові будинки типової забудови | 16 поверхів; ліфти: 2x6 кВт на 1 секцію |
| 1А, 2, 3, 3А, 5, 5А, 54, 34А, 34, 57 | Житлові будинки типової забудови | 12 поверхів; ліфти: 2x3,5 кВт на 1 секцію |
| 177/2, 179/1 | Житлові будинки типової забудови | 14 поверхів; ліфти: 2x7 кВт на 1 секцію |
| Комунально-побутові споживачі | | |
| Банк | Банк | $P_{розр} = 20$ кВт; $k_y = 0,9$; $\cos \varphi = 0,9$ |
| Готель | Готель | 800 відв/зміну |
| Аптека | Аптека | $P_{розр} = 35$ кВт, $k_y = 0,9$; $\cos \varphi = 0,9$ |
| Освітній центр | Освітній центр | По 150 люд. |
| Кафе | 2 зали | На 20+30 місць |
| Освітній центр | Освітній центр | 1100 люд. |
| Торгівельний центр з кондиціонуванням | Торгівельний центр (2 поверхи) | За площею |
| Магазин | Меблі | За площею |
| Укртрансформація | Фізкультурно-оздоровчий комплекс | $P_{розр} = 200$ кВт, $k_y = 0,9$; $\cos \varphi = 0,9$ |

У житлових будинках до них відносяться: ліфти, пожежні насоси, системи автоматичного димовидалення, аварійне освітлення коридорів, вестибюлів, холів і сходових кліток будинків висотою 16 поверхів і більше, загороджувальні вогні, встановлювані на дахах будинків висотою більше 50 м. До першої категорії також відносяться: електроприймачі спеціального призначення незалежно від поверховості будинків – це вбудовані автоматичні телефонні станції, станції перекачування фекальних вод, опорно-підсилювальні пункти і блоки-станції радіотрансляції, водопровідні й каналізаційні вузли, приймачі будинків масового скупчення людей (театри, кіно, клуби та ін), приймачі особливих лікувальних установ – операційних залів, родильних будинків, пунктів невідкладної допомоги, у промисловості - споживачі, перерва в електропостачанні яких може викликати небезпеку для життя людей або значний матеріальний збиток, пов'язаний з пошкодженням устаткування, масовим браком продукції або тривалим розладом складного технологічного процесу виробництва.

До другої категорії відносяться приймачі житлових будинків висотою від 6 до 16 поверхів, споживачі будинків будь-якої поверховості, в яких встановлені напідложні стаціонарні електроплити, а також електроприймачі адміністративно-громадських будинків, лікувальних і дитячих установ, шкіл і навчальних закладів. На промислових підприємствах до другої категорії належать приймачі, перерва в електропостачанні яких пов'язана з істотною невідпусткою продукції, простоем людей, механізмів, промислового транспорту.

За **потужністю і напругою** всі споживачі електричної енергії можна розподілити на дві групи: *споживачі великої потужності* (80 – 100 кВт і вище) на напругу 3-6-10 кВ, як одержують живлення безпосередньо від мережі 3-6-10 кВ. До цієї групи відносяться могутні печі опору й дугові печі для плавки чорних і кольорових металів, які живляться через власні трансформатори; *споживачі малої і середньої потужності* (нижче 80 – 100 кВт), живлення яких можливе й економічно доцільне тільки на напругу 380-660 В.

За **родом струму** всі споживачі електричної енергії можна розподілити на три групи: ті, що працюють від мережі *змінного струму промислової частоти*; ті, що працюють від *мережі змінного струму підвищеної або зниженої частоти*; ті, що працюють від *постійного струму*.

Основний род струму, на якому працює більшість електричних приймачів – змінний трифазний струм частотою 50 Гц.

Відповідно до Правил обладнання електроустановок (ПОЕ) всі споживачі підрозділяються на три категорії за забезпеченням надійності і безперебійності живлення. До першої категорії відносяться споживачі, що допускають перерву в електропостачанні тільки на час дії пристроїв автоматичного включення резерву. Такі споживачі повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних джерел електропостачання.

Друга категорія споживачів допускає перерву електропостачання на час, необхідний для включення резерву силами оперативного персоналу. Електроприймачі цієї категорії, можуть живитися від однострумкової підстанції при наявності централізованого резерву трансформатора.

До третьої категорії відносяться приймачі п'ятиповерхових житлових будинків і нижче за відсутності напідложних стаціонарних електроплит. У промисловості до цієї категорії належать всі приймачі, що не підходять під визначення 1-й і 2-й категорій.

Навантаження споживачів електричної енергії є основним параметром, за яким виконується вибір всіх елементів системи електричного постачання. Тому правильне визначення електричного навантаження необхідне при проектуванні й експлуатації електричних мереж.

Коефіцієнтом потужності ($\cos \varphi$) називають величину відношення активної потужності P до повної потужності S , що споживана установкою:

$$\cos \varphi = P / S$$

Навантаження окремих приймачів змінюється за часом і, як наслідок цього, змінюється коефіцієнт потужності.

В

е

л

и

ч

и

Реактивна потужність, що віддається джерелу живлення, проходячи по живильних проводах, нагріває їх, і в результаті, підвищується опір живильної лінії. Підвищення опору лінії призводить до збільшення втрат активної потужності в самій лінії.

у даній ситуації можна визначити потужність за допомогою вимірювань за допомогою наступних приладів: амперметра, вольтметра і ватметра, використовуючи співвідношення цих величин для трифазної системи струмів

1. При передачі значної реактивної потужності, виникають додаткові втрати активної потужності й електроенергії у всіх елементах системи електропостачання, обумовлені завантаженням їх реактивною

п
о
т

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \frac{P^2}{U^2} R + \frac{Q^2}{U^2} R = \Delta P_A + \Delta P_B$$

2. Додаткові втрати активної потужності, викликані протіканням реактивної потужності й пропорційні її квадрату. Особливо істотні виникають додаткові втрати напруги в мережах районного значення. Так,

п

р
о

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} = \frac{PR}{U} + \frac{QX}{U} = \Delta U_P + \Delta U_X$$

3. Завантаження реактивною потужністю системи промислового електропостачання і трансформаторів зменшує їхню пропускну здатність і вимагає збільшення перерізів проводів ліній, збільшення номінальної потужності або числа трансформаторів підстанції.

На промислових підприємствах зменшення споживаної реактивної потужності може бути досягнуто природним шляхом: поліпшенням режиму роботи приймачів, застосуванням двигунів більш досконаліх конструкцій, усуненням їхнього недовантаження, вдосконаленням спеціальних компенсуючих пристроїв.

Основними споживачами реактивної потужності є асинхронні двигуни, трансформатори і вентиляльні перетворювачі, тому для зниження споживання установкою реактивної потужності необхідно всебічно аналізувати такі питання:

а - заміна малонавантажених асинхронних двигунів двигунами меншої потужності;

б - зниження напруги у двигунах, що систематично працюють з малим завантаженням;

в - обмеження холостого ходу двигунів і зварювальних трансформаторів;

г - застосування синхронних двигунів замість асинхронних у випадку, коли це можливо за умовами технологічного процесу;

д - застосування синхронізованих асинхронних двигунів опором R і реактивним X втрати напруги складуть

о
і

р

і реактивної Q потужностей через елемент системи електропостачання з опором R втрати активної потужності складуть

- застосування найбільш доцільної силової схеми і системи керування вентиляного перетворювача.

Для визначення параметрів трансформатора складають схему заміщення. При цьому користуються наступними допущеннями:

при зміні навантаження трансформатора в широких межах магнітний потік можна вважати практично постійним і таким, що дорівнює магнітному потокові в режимі Х.Х.;

при опиті "нормального" короткого замикання магнітний потік в сердечнику настільки малий, що ним можна знехтувати і прийняти втрати в сталі практично рівними нулю, а втрати в міді (в обмотках) дорівнюють утратам при номінальному навантаженні.

Для трансформатора зірка-зірка з нулем потужністю S_H , напругою первинної обмотки U_{1H} , а вторинної $U_{20(XX)}$, напруги короткого

Необхідно розрахувати активні й реактивні опори, спадання напруги у вторинній обмотці і побудувати схему заміщення.

Розрахунок починаємо з визначення номінального струму первинної обмотки:

$$I_{1H} = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_{1H}}$$

Струм Х.Х. дорівнює

$$I_0 = I_0 \cdot I_{1H}$$

Коефіцієнт потужності на Х.Х. дорівнює

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3} \cdot U_{1H} \cdot I_0}$$

Повний опір обмоток трансформатора

$$z_K = \frac{U_{K\Phi}}{I_{K\Phi}}$$

Активний опір

, потужність Х.Х. P_{XX} , струм Х.Х. I_{0XX} , коефіцієнт потужності $\cos \varphi_2$,

НУБІП України

Реактивний опір

$$r_K = \frac{P_K}{3I_K^2}$$

$$x_K = \sqrt{Z_K^2 - r_K^2}$$

НУБІП України

Опори первинної обмотки відповідно

$$r_1 = r_2' = r_K / 2,$$

$$x_{\sigma 1} = x_{\sigma 2}' = x_K / 2.$$

НУБІП України

Опори вторинної обмотки

$$r_2 = r_2' / K^2,$$

$$x_{\sigma 2} = x_{\sigma 2}' / K^2.$$

НУБІП України

Опір ланцюга, що намагнічує,

$$r_0 = \frac{Z_0 \bar{P}_0}{3I_0^2},$$

НУБІП України

$$x_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2}.$$

Для побудови зовнішньої характеристики $U_2 = f(\beta)$ визначаємо втрати напруги у вторинній обмотці:

НУБІП України

$$\Delta U_2 \% = \beta (U_a \% \cos \varphi_2 + U_p \% \sin \varphi_2),$$

$$U_a \% = U_K \% \cos \varphi_K; \cos \varphi_K = r_K / Z_K,$$

$$U_p \% = \sqrt{(U_K \%)^2 - (U_a \%)^2}.$$

НУБІП України

Напруга на затискачах вторинної обмотки трансформатора

НУБІП України

$$U_2 = \frac{U_{20}}{100} (100 - \Delta U_2 \beta / \varphi)$$

Задаючись різними значеннями коефіцієнта завантаження β , знаходимо U_2 . Для побудови залежності $\eta = f_2(\beta)$ розрахунок η виконуємо за формулою

НУБІП України

$$\eta = \frac{\beta S_H \cos \varphi_2}{\beta S_H \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_K}$$

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2
 ОБЧИСЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ РАЙОНУ
 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1. Розрахунок навантажень офісно-виробничих будівель

НУБІП України

Обчислення електричних навантажень в мережах виконується від нижчих до вищих ступенів. Порядок розрахунку полягає в наступному: першочергово знайдемо навантаження на ввіді до кожного електроприймача і на основі отриманих даних знайдемо навантаження кожного елементу мережі.

НУБІП України

Знаходимо активне навантаження від квартир на вводі в будівлю на стороні 0,4 кВ. Воно пов'язане з кількістю квартир наступним виразом:

$$P_{p(кв)} = P_{кв.лит} n_{кв}, \quad (2.1)$$

де $P_{кв.лит}$ - питоме розрахункове навантаження квартири [2] табл. 2.1, кВт;

$n_{кв}$ - кількість квартир.

Навантаження на вводі в групу кожної офісно-виробничої будівлі знаходимо за виразом:

$$P_{p(ж.буд)} = P_{p(кв)} + k_{н.м} P_c, \quad (2.2)$$

де P_c - розрахункове навантаження силових електроприймачів будівлі, кВт;

$k_{н.м}$ - коефіцієнт, що враховує неспівпадіння максимумів навантажень

будівлі та силових електроприймачів і приймається рівним 0,9.

Розрахункове навантаження силових електроприймачів P_c на вводі в будівлю складається з:

а) навантаження ліфтових установок:

$$P_{p(л)} = k_{с(л)} \sum_{i=1}^n P_{л(i)} \quad (2.3)$$

де $k_{с(л)}$ - коефіцієнт попиту ліфтових установок [2] табл.2.2;

$n_{л}$ - число ліфтових установок;

$P_{л(i)}$ - встановлена потужність електродвигуна i -го ліфта згідно паспорту, кВт;

б) навантаження електродвигунів насосів водопостачання, вентиляторів та інших санітарно-технічних пристроїв.

Повне розрахункове навантаження офісно-виробничих будівель, кВА, визначається з урахуванням середньозважених коефіцієнтів потужності:

$$S_{p(\text{ж.буди})} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{(P_{p(\text{кв})} + k_{\text{н.м.}} P_c)^2 + (P_{p(\text{кв})} \text{tg}\varphi_{\text{кв}} + k_{\text{н.м.}} P_c \text{tg}\varphi_c)} \quad (2.4)$$

де $\text{tg}\varphi_{\text{кв}}$ - середньозважений коефіцієнт потужності квартир [2] табл. 2.3;

$\text{tg}\varphi_c$ - номінальний коефіцієнт потужності силових електроприймачів [2]

табл. 2.3.

Розрахункові навантаження на вводі у офісно-виробничі будівлі знаходимо за укрупненими питомими навантаженнями згідно виразу:

$$P_{p(\text{заг})} = P_{p(\text{підп})} = P_{\text{пнт.підп}} M, \quad (2.5)$$

де $P_{\text{пнт.підп}}$ - питоме розрахункове навантаження одиниці кількісного показника M - кількісний показник, що характеризує пропускну здатність підприємства, об'єми виробництва та інше.

Повне навантаження на вводі в офісно-виробничу будівлю обчислюємо з урахуванням середньозважених коефіцієнтів потужності для споживачів даного підприємства.

Розрахункові навантаження ліній до 1000 В та трансформаторних підстанцій, що живлять групи офісно-виробничих будівель визначаються сумуванням розрахункових навантажень таких будівель

$$P_{p(\text{л.тп})} = P_{p(\text{найб})} + \sum_{j=1}^{n-1} k_{\text{у.м}(j)} P_{\text{буд}(j)}, \quad (2.6)$$

де $P_{p(\text{найб})}$ - найбільше розрахункове навантаження однієї з суспільних будівель

або сумарне навантаження житлових будівель з однаковим типом кухонних плит, що живляться на даній лінії або трансформаторній підстанції, визначається за сумарною кількістю квартир та ліфтових установок, що живляться від лінії або від трансформаторної підстанції за формулами (2.1),

(2.2), кВт;

$P_{\text{буд}(j)}$ - розрахункові навантаження інших (j) будівель, що живляться від лінії або трансформаторної підстанції, кВт;

$k_{y,m(j)}$ - коефіцієнти участі в максимумі навантажень споживачів відносно невеликого навантаження.

В якості прикладу знайдемо навантаження на вводі в будинок №28. У будинку розташований магазин «АТБ» з площею торговельного залу $M=1500$ м². З першого по дванадцятий поверхи займають виробничі та житлові приміщення. Загальна кількість житлових приміщень складає $n_{\text{кв}}=50$. В

будинку встановлені електроплити. Також слід відмітити наявність у будинку 7 ліфтових установок загальною встановленою потужністю 3,5 кВт.

Для дванадцятиповерхових будівель за наявності електричних плит питома потужність квартири за кількості квартир до 200 складає $P_{\text{шт. кв}}=1,36$

кВт при коефіцієнті потужності $\cos\varphi_{\text{кв}}=0,98$. Тоді розрахункова потужність від квартир на вводі в будівлю дорівнює:

$$P_{\text{р(кв)}} = P_{\text{кв,уд}} n_{\text{кв}} = 1,36 \times 50 = 68 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{р(кв)}} = P_{\text{р(кв)}} \operatorname{tg}\varphi_{\text{кв}} = 68 \times 0,2 = 13,6 \text{ квар.} \quad (2.7)$$

Коефіцієнт попиту ліфтових установок [2] табл. 2.4 за наявності семи ліфтів приймаємо рівним 4,5 за коефіцієнту потужності $\cos\varphi_{\text{л}}=0,65$. Тоді

розрахункова потужність ліфтів дорівнює:

$$P_{\text{р(л)}} = k_{\text{с(л)}} \sum_{i=1}^{n_{\text{л}}} P_{\text{л}(i)} = 4,5 \times 3 \times 1,17 = 15,7 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{р(л)}} = P_{\text{р(л)}} \operatorname{tg}\varphi_{\text{л}} = 15,7 \times 1,17 = 18,38 \text{ квар.} \quad (2.8)$$

Потужність санітарно-технічних пристроїв визначається за формулою:

$$P_{ст.пр} = 0,05 \frac{Вт}{кВ} \cdot 100 = 5 \text{ кВт}, \quad (2.9)$$

$$Q_{ст.пр} = P_{ст.пр} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 5 \times 0,75 = 3,75 \text{ квар} \quad (2.10)$$

Розрахункове навантаження силових електроприймачів P_c на ввіді в будівлю складає:

$$P_c = 3,75 + 14 = 17,75 \text{ кВт}$$

Розрахункове навантаження на ввіді житлового будинку при коефіцієнті несівпадіння максимумів навантажень квартир та силових електроприймачів 0,9 дорівнює:

$$P_{р(ж.буд)} = 68 + 0,9 \times 17,75 = 84 \text{ кВт};$$

$$Q_{р(ж.буд)} = Q_{кв} + k_{нм} Q_c = 13,6 + 0,9(16,38 + 3,75) = 31,72 \text{ квар}. \quad (2.11)$$

$$S_{р(ж.буд)} = \sqrt{P_{р(ж.буд)}^2 + Q_{р(ж.буд)}^2} = \sqrt{84^2 + 31,72^2} = 89 \text{ кВА} \quad (2.12)$$

Згідно даних [2] табл. 2.5 питоме навантаження магазину «Сільпо» без кондиціонування повітря приймаємо рівним $0,14 \text{ кВт/м}^2$ при коефіцієнті потужності $\cos \varphi = 0,92$. Розрахункове навантаження магазину:

$$P_{р(пр)} = 0,14 \times 1400 \times 0,9 = 176,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{р(пр)} = P_{р(пр)} \operatorname{tg} \varphi_{пр} = 176,4 \times 0,43 = 75,8 \text{ квар}.$$

$$S_{р(пр)} = \sqrt{P_{р(пр)}^2 + Q_{р(пр)}^2} = \sqrt{176,4^2 + 75,8^2} = 191,99 \text{ кВА}$$

2.2. Розрахунок навантаження освітлення

Розрахунок освітлення проводимо для зовнішнього освітлення вулиць, проїздів, площ, бульварів та внутрішньоквартальних незабудованих територій. Приблизний розрахунок електричного навантаження виконуємо за наступними даними

Орієнтовні розрахунки їх електричних навантажень були виконані за наступними даними.

Магістральні вулиці районного значення, площі перед потужними будівлями: $30-50 \frac{\text{кВт}}{\text{км}}$; внутрішньоквартальні території: $1,2 \frac{\text{кВт}}{\text{га}}$. Вулиці районного значення, автостоянок та парковок: $8 \frac{\text{кВт}}{\text{га}}$.

Розрахункова активна потужність зовнішнього освітлення внутрішньоквартальних територій мікрорайону:

$$P_{\text{вк}} = F_{\text{вк}} P_{\text{пит.кв.}} = 1,5 \times 25,92 \times 0,8 = 31 \text{ кВт} \quad (2.13)$$

де $P_{\text{пит.кв}}$ – для внутрішньоквартальних територій;

$F_{\text{вк}}$ – площа внутрішньоквартальних територій.

Розрахункова активна потужність зовнішнього освітлення вулиць районного значення мікрорайону:

$$P_{\text{пит}} = P_{\text{вул.пит}} L = 2 \times 40 = 80 \text{ кВт} \quad (2.14)$$

де $P_{\text{вул.пит}} = 40 \frac{\text{кВт}}{\text{км}}$ – для вулиць;

$L = 2 \text{ км}$ – довжина вулиць районного значення мікрорайону.

Також ми враховуємо освітлення стадіону площею 2000 м^2 та зони відпочинку, галогеновими прожекторами (згідно ДБН приймаємо питоме навантаження $2,03 \text{ кВт/м}^2$).

Розрахункове навантаження вуличного освітлення дорівнює:

$$P_{\text{вул.осв.}} = P_{\text{ст}} + P_{\text{вул}} + P_{\text{вк}} = 31 + 80 + 5,8 = 116,8 \text{ кВт} \quad (2.16)$$

$$Q_{\text{вул.осв.}} = 50 \text{ квар}$$

$$S_{\text{вул.осв.}} = 127 \text{ кВА}$$

Електротехнічні засоби, не використовувані за призначенням, підлягають зберіганню. Для забезпечення схоронності обладнання при зберіганні й безвідмовності при роботі проводиться технічне обслуговування.

НУБІП України

Технічне обслуговування являє собою комплекс робіт, які проводяться для підтримання ЕТЗ у справному і придатному для експлуатації стані під час використання їх за призначенням.

Комплекс технічного обслуговування складається з наступних робіт:

а) зовнішній огляд і чищення обладнання;

б) контрольні-регульовальні роботи, підтяжка контактних з'єднань;

в) прогнозування відмов;

г) сезонні, змащувальні й кріпильні роботи, доливання ізоляційного

мастила;

д) випробування обладнання і пристроїв, випробування і вимірювання ізоляційних характеристик.

Ремонт – це комплекс операцій з відновлення справного або працездатного стану і відновлення ресурсу електротехнічного засобу або його складової частини, проведений за єдиною системою планово-попереджувальних ремонтів СЕП. Ремонт здійснюють з метою усунення виниклих в обладнанні несправностей і продовження його ресурсу.

Залежно від ступеня спрацювання і старіння, характеру несправностей, від складності й обсягу робіт, необхідних для приведення електротехнічного обладнання у справний стан, ремонт підрозділяють на поточний і капітальний.

Поточний ремонт, як правило, виконується обслуговуючим персоналом відразу ж після виникнення (виявлення) несправності обладнання (при роботі або при технічному обслуговуванні).

Капітальний ремонт провадиться відповідно до плану ремонтними підприємствами або експлуатаційно-ремонтними майстернями.

Технічно правильне використання обладнання при роботі, його підтримання у справному стані й постійній готовності до роботи, продовження

його ресурсу істотно залежать від організації експлуатації електротехнічного обладнання.

Організація експлуатації складається із заходів з підготовки кваліфікованих кадрів, постачання обладнання запасними елементами (ЗП) і видатковими матеріалами, планування експлуатації обладнання, а також збору й обробки результатів експлуатації.

Якість експлуатації обладнання великою мірою визначається кваліфікацією обслуговуючого персоналу. Вплив людини можна розглядати як результат діяльності, від якої залежать експлуатаційні властивості

обладнання: людина як елемент системи, що забезпечує її функціонування із заданою продуктивністю; людина як джерело передумов до відмов; людина як елемент системи, що підтримує надійність обладнання на заданому рівні; людина як елемент системи, що забезпечує її відновлення (ремонт). Звідси

видно, яку важливу роль відіграє людина на всіх етапах експлуатації обладнання.

Для забезпечення нормальної експлуатації обладнання повинні бути організовані його правильне постачання видатковими матеріалами й засобами, укомплектованість необхідними запасними елементами й своєчасне їхнє поповнення.

Для якісної експлуатації електротехнічного обладнання проводиться планування його роботи, технічного обслуговування, постачання і підготовки кадрів.

На основі збору й обробки результатів експлуатації обладнання, аналізу статистичних даних розробляються заходи щодо підвищення надійності й удосконалення експлуатації обладнання. При цьому результати експлуатації і рекомендації з підвищення надійності й удосконалення обладнання повинні бути вчасно направлені на завод виготовлювач.

Таким чином, процес експлуатації електротехнічного обладнання складається з великого комплексу різних заходів, якість виконання яких істотно впливає на експлуатаційні властивості обладнання.

2.3. Загальний аналіз та прогнозування навантажень електропостачання

Знаходження розрахункових навантажень по території електропостачання в цілому або окремих груп будівель можна обчислити на основі загальної кількості квартир, ліфтових установок житлових будівель, суспільних будівель певного призначення з урахуванням при цьому відповідних коефіцієнтів, які враховують неспівпадіння максимумів навантажень споживачів.

Сумарна кількість квартир дорівнює – 3200.

Сумарна кількість ліфтів дорівнює 80 потужністю 3,5 кВт та 40 ліфтів потужністю 5 кВт.

Сумарне активне розрахункове електричне навантаження усіх житлових будівель мікрорайону визначається за формулою:

$$P_{\text{мр.}} = P_{\text{кв.мр.}} + k_y(P_{\text{л.мр.}} + P_{\text{ст.мр.}}) + \sum(k_{y_i} * P_{\text{сусп.буд.і}}) + P_{\text{вул.осв}} \quad (2.17)$$

Сумарне реактивне розрахункове електричне навантаження усіх житлових будівель мікрорайону визначається за формулою:

$$Q_{\text{мр.}} = Q_{\text{кв.мр.}} + k_y(Q_{\text{л.мр.}} + Q_{\text{ст.мр.}}) + \sum(k_{y_i} * Q_{\text{сусп.буд.і}}) + Q_{\text{вул.осв}} \quad (2.18)$$

де $P_{\text{сусп.буд.і}}$ – розрахункові електричні навантаження суспільних будівель;

k_{y_i} – коефіцієнти участі в максимумі електричних навантажень суспільних будівель та житлових будинків.

Таким чином, розрахункове активне навантаження мікрорайону:

$$P_{\text{мр.}} = 3200 \cdot 1,19 + 0,9 \cdot (5 \cdot 40 \cdot 0,4 + 3,5 \cdot 80 \cdot 0,4 + 127) + 1450 + 86,68 = 5023 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{мр.}} = 4000 \cdot 0,2 + 0,9 \cdot (340 \cdot 1,17 + 165,4 \cdot 0,75) + 901,3 + 20 = 2190,97 \text{ квар.}$$

Сумарне розрахункове повне навантаження мікрорайону:

$$S_{p(мр)} = \sqrt{P_{p(мр)}^2 + Q_{p(мр)}^2} = \sqrt{5023^2 + 2190,97^2} = 5479,65 \text{ кВА} \quad \circ \circ$$

Обчислення навантаження групи житлового сектору на шинах 0,4 кВ трансформаторної підстанції району наведено в таблиці 2.1. Аналіз електричних навантажень сектору комунально-побутових споживачів

наведений в таблиці 2.2.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 2.2

Обчислення навантаження закладів культурно-побутового призначення

| Назва закладу | M (продуктивність) | Од. вим. | $P_{шт.л.}$, кВт | $\cos\varphi$ | $P_{п.}$, кВт | $Q_{п.}$, квар | $k_{у,м}$ | $P_{р(бул)}$, кВт | $Q_{р(бул)}$, квар | $S_{р(бул)}$, кВА |
|------------------|-------------------------|----------------|----------------------|---------------|-------------------|--------------------|-----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Банк | 30 | кВт | | 0,9 | 34 | 14 | 0,9 | 25 | 13 | 32 |
| Готель | 1724 | м ² | 0,12 | 0,92 | 2 | 101 | 0,9 | 813 | 108 | 211 |
| Аптека | 25 | кВт | | 0,9 | 215 | 11 | 0,9 | 21 | 81 | 25 |
| Освітній центр | 1250 | відв/зм. | 0,6 | 0,85 | 301 | 227 | 0,7 | 220 | 231 | 323 |
| Кафе | 150 | люд | 0,2 | 0,97 | 55 | 15 | 0,4 | 22 | 15 | 27 |
| Торговий центр | 150 | люд | 0,2 | 0,97 | 58 | 14 | 0,4 | 21 | 14 | 27 |
| Магазин | 150 | люд | 0,2 | 0,97 | 51 | 16 | 0,4 | 21 | 16 | 24,3 |
| Укртрансформація | 20+30 | місьць | 0,7 | 0,95 | 40 | 17 | 0,6 | 21 | 14 | 405 |
| Всього | | | | | | | | 1111 | 345 | 1320 |

Під номінальною напругою слід розуміти таку напругу, за якої електроустановка функціонує з найбільш високими техніко-економічними показниками. Номінальна напруга вказується в паспорті електроустановки.

Розрізняють номінальні напруги до 1000 В і більше 1000 В. Відповідно до діючих стандартів до напруг до 1000 В відносяться: 220, 380, 660 В, більше 1000 В: 3, 6,

10, 20, 35, 110, 150, 220, 330, 500, 750 кВ. Електричні мережі напругою до 1000 В називають мережами низької напруги (НН), мережі напругою 3-35 кВ - середньої

(СН), 110-220 кВ - високої (ВН), 330-750 кВ - надвисокої напруги (НВН). В якості

номінальної лінійної напруги генераторів і вторинних обмоток силових

трансформаторів обирається напруга на 5% більша за номінальну напругу електричної мережі (0,4; 6,3; 10,5 кВ).

Відповідно до стандартів і рекомендацій Міжнародної електротехнічної комісії

(МЕК) номінальна напруга існуючих мереж на 220/380 В повинна змінитися на

рекомендоване значення 230/400 В. Перехідний період повинен бути максимально

коротким і мав завершитися не пізніше 2008 року. Протягом цього періоду керівні

органи енергетичного сектору держав, які мають електричні мережі напругою

220/380 В, повинні були привести напругу до рівня 230/400 В $\pm 6\%$ - 10% . В кінці

даного перехідного періоду, допустима напруга повинна бути в діапазоні 230/400

В $\pm 10\%$, після чого буде розглядатися подальше звуження цього діапазону допуску.

Вищезазначені рекомендації також розповсюджуються на системи напруг 380/660

В, які повинні бути приведені до значення 400/690 В.

Класифікація мереж за видом електричного струму

Розрізняють електричні мережі:

а) змінного струму з промисловою частотою 50 Гц;

б) мережі постійного струму.

Мережі змінного струму виконуються в трифазному виконанні. В місцях з низькою

щільністю навантаження використовуються дво- та однофазні відгалуження.

Мережі постійного струму використовуються в промислових мережах

(електролізні установки), в мережах електрифікованого транспорту тощо. Електропередачі постійного струму використовуються в якості міжсистемних зв'язків, а також, як вставки постійного струму.

Класифікація мереж за конструктивним виконанням

Розрізняють мережі за конструктивним виконанням:

Повітряна лінія електропередавання (ПЛ) - це споруда для передавання електричної енергії проводами, розташованими просто неба, закріпленими за допомогою ізоляторів і арматури на опорах або кронштейнах на стояках будівель і інженерних спорудах. Розрізняють ПЛ напругою до 1000 В і більше 1000 В.

Кабельна лінія (КЛ) - лінія для передавання електричної енергії або окремих її імпульсів, складена з одного або декількох паралельно прокладених кабелів, кабельної арматури, систем, що підтримують кабелі, та пристроїв кріплення і підтримування кабелів та арматури.

Струмопроводи - пристрої, призначені для передавання і розподілу електроенергії. Струмопроводи бувають жорсткі і гнучкі. Жорсткий струмопровід заводського виготовлення, який поставляється комплексними секціями, називається шинопроводом (магістральним, розподільним).

Електропроводкою називається сукупність проводів і кабелів з кріпленнями, які вносяться до них. Бувають зовнішні, відкриті та приховані проводки.

Класифікація мереж за призначенням та роллю в схемі

Електропостачання

Розрізняють мережі за призначенням та за роллю в системі електропостачання. Системоутворюючі мережі здійснюють формування енергосистем, а також їх об'єднань. Цими мережами здійснюється передача електроенергії до системних підстанцій, які виконують роль центрів живлення (джерел живлення) розподільних мереж.

Розподільні мережі призначені для живлення кількох трансформаторних підстанцій або вводів електроустановок споживачів. Розподільні мережі можуть бути виділені

в мережах різних номінальних напруг. В сучасних умовах мережі напругою до 110-220 кВ вважаються розподільними.

Класифікація мереж за структурою та схемою з'єднань

Розрізняють найпростіші [розімкнуті мережі](#) з одним навантаженням в кінці,

магістральні мережі з декількома навантаженнями та складно-розгалужені з одним джерелом живлення.

Розімкнутими є мережі, які одержують живлення від одного джерела живлення і можуть передавати енергію тільки в одному напрямку. Розімкнуті резервовані

мережі, в яких до кожного споживача підведено дві лінії, є більш надійними. У

випадку виходу із ладу однієї лінії, живлення навантаження може здійснюватися по другій лінії, яка залишилась в роботі. До таких же схем відносяться петлеві

схеми з резервними перемичками. Включення цієї перемички може здійснюватися

вручну або автоматично. [Надійність](#) таких схем може бути підвищена за рахунок

секціонування. Електричними мереж комутаційними апаратами.

Найбільш надійними є замкнуті схеми, в яких споживачі можуть одержувати живлення не менш, ніж з двох боків. Найбільш простими замкнутими мережами є

кільцеві мережі та лінії з двобічним живленням.

Класифікація мереж за місцем розташування та характером споживачів, які до них підключаються

За місцем розташування та характером споживачів розрізняють схеми електропостачання промислових підприємств, міст та сільських районів.

Системи електропостачання промислових підприємств характеризуються високою щільністю електричних навантажень, наявністю коротких та потужних мереж

напругою 6-10кВ, різноманітними за характером електричними навантаженнями, використанням кабельних ліній і шинопроводів, великою одиничною потужністю

цехових трансформаторних підстанцій.

Системи електропостачання міст характеризуються середньою щільністю електричних навантажень, порівняно протяжними кабельними мережами

напругою 6-10 кВ. Міські електричні навантаження представлені комунально-побутовими навантаженням, навантаженням громадських будинків, електрифікованим транспортом, підприємствами комунального господарства, промисловими підприємствами. Потужність трансформаторів міських трансформаторних підстанцій (ТП) напругою 10/0, кВ сягає 1000 кВА.

Системи електропостачання сільських регіонів характеризуються низькою щільністю та розосередженням електричних навантажень, до яких відносяться комунально-побутовий сектор, тваринницькі ферми. Для їх живлення здебільшого використовуються повітряні лінії електропередавання великої протяжності та комплектні трансформаторні підстанції потужністю до 400 кВА.

Класифікація мереж за режимом роботи нейтралі

Електричні мережі за режимом роботи нейтралі поділяють на дві категорії: мережі з малим струмом замикання на землю та мережі з великим струмом замикання на

землю. До мереж першої категорії відносяться мережі напругою 10, 20, 35 кВ, які працюють з ізольованою або компенсованою нейтраллю. Мережі з великим струмом замикання на землю працюють з глухозаземленою або ефективно заземленою нейтраллю трансформаторів. Струм однофазного

замикання на землю в цих мережах за своєю величиною сумірний зі струмом трифазного короткого замикання.

До мереж з ефективно заземленою нейтраллю відносяться мережі, в яких заземлена більшість нейтралей обмоток силових трансформаторів. За однофазного замикання на землю в такій мережі напруга на непошкоджених фазах не повинна

перевищувати 1,4 фазної напруги нормального режиму. В Україні мережі напругою 110 кВ і більше відносяться до мереж з ефективно заземленою нейтраллю.

У мережах напругою 380/220В нейтраль трансформатора глухозаземлена, до того ж проводи робочого та захисного заземлення повинні бути розділені.

Крім цього, в мережах напругою 6, 10, 20, 35 кВ застосовуються режими роботи нейтралі, які заземлені через низькоомні та високоомні резистори, а також через активно-індуктивні і розосередженні заземлювачі нейтралі. Такі види заземлення

нейтралей, були дозволені розділом 1.7 "Заземлення і захисні заходи електробезпеки" ПУЕ

НУБІП України

Різноманітні споживачі електричної енергії також можуть бути класифіковані за рядом характерних ознак.

НУБІП України

За характером споживачів і методами визначення розрахункових навантажень

Промислові споживачі електричної енергії можна розділити на чотири основні групи:

НУБІП України

- електронприводи (електродвигуни), які перетворюють електричну енергію в механічну; загалом вони споживають близько 60906 виробленої електроенергії;

- світлотехнічні установки, на які витрачається до 1070 електроенергії, яка виробляється;

НУБІП України

- електротермічні установки, які перетворюють електричну енергію в теплову;

- електротехнологічні установки, в яких електричний струм безпосередньо використовується в технологічному процесі.

НУБІП України

Серед міських споживачів електричної енергії можна виділити:

- комунально-побутове навантаження,

- навантаження громадських будинків;

НУБІП України

- навантаження комунальних підприємств міста;

- електрифікований транспорт.

НУБІП України

Для сільськогосподарських споживачів характерне:

- комунально-побутове навантаження;

- навантаження тваринницьких комплексів;
- зрошування, теплиці тощо.

НУБІП України

Класифікація за режимом роботи

Тривалий режим характерний для електроприводів насосів, вентиляторів, компресорів, нагрівальних печей.

НУБІП України

Повторно-короткочасний режим, за якого короткочасна робота приймача електричної енергії чергується з порівняно довгими паузами, характерними для прокатних станів, підйомних кранів, зварювальних машин.

НУБІП України

Нелінійні навантаження, до яких відносяться різноманітні перетворювачі, інвертори, перетворювачі частоти.

НУБІП України

Несиметричні навантаження (одно- та двофазні електроприймачі).

НУБІП України

Класифікація за видом струму, напруги, частоти

Змінний струм промислової частоти 50 Гц є основним в електроустановках.

НУБІП України

Постійний струм використовується в електроприводах, електролізних установках.

НУБІП України

Електричний струм підвищеної та високої частоти використовується для живлення електроінструментів, в установках індукційного нагріву.

Розрізняють електроустановки напругою до 1000 В та більше 1000 В.

НУБІП України

Класифікація за надійністю електропостачання

Правила улаштування електроустановок за надійністю електропостачання виділяють три категорії електроприймачів.

Електроприймачі 1-ї категорії - це такі приймачі електричної енергії, перерва в електропостачанні яких може створити небезпеку для життя людей, значний збиток виробництву, пошкодження дорогого основного обладнання, масовий брак продукції, порушення функціонування важливих елементів комунального господарства.

Електроприймачі 2-ї категорії - це такі приймачі електричної енергії, перерва в електропостачанні яких спричиняє масове недоотримання продукції, масові простої працівників, механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності значної кількості міських та сільських жителів.

Електроприймачі 3-ї категорії - всі інші приймачі електричної енергії, які не підходять під визначення 1-ї та 2-ї категорій.

Вимоги до електричних мереж

До електричних мереж висуваються наступні вимоги.

1. Надійність електропостачання

Надійність - це властивість електричної мережі виконувати необхідні функції у заданому об'ємі за визначених умов функціонування.

Електроприймачі 1-ї категорії повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних взаєморезервованих джерел живлення, а перерва в

електропостачання може бути допущена тільки на час автоматичного вводу резервного живлення.

Незалежним джерелом живлення вважається таке джерело, на якому напруга зберігається після її зникнення на інших джерелах.

Електроприймачів 2-ї категорії рекомендується також забезпечувати електроенергією від двох незалежних джерел живлення. Для електроприймачів цієї категорії допустимі перерви в електропостачанні на час, необхідний для включення резервного живлення діями чергового персоналу або виїзної оперативної бригади.

Живлення таких електроприймачів, як правило, слід забезпечувати від одностанційних підстанцій за умов організації централізованого резерву трансформаторів.

Електроприймачі 3-ї категорії можуть отримувати живлення від одного джерела. В такому випадку допускаються перерви в електропостачанні на час, необхідний для подачі тимчасового живлення, ремонту або заміни пошкоджених елементів, але не більше, ніж на одну добу.

2. Забезпечення норм якості електричної енергії

Норми якості електричної енергії повинні задовольняти вимогам міждержавного стандарту ГОСТ 13109-97, Стандарт встановлює показники та норми якості електричної енергії в мережах змінного трифазного й однофазного струму частотою 50 Гц в місцях, до яких приєднуються електричні мережі, які знаходяться у швласності різних споживачів електричної енергії, або приймачі електричної енергії (місця загального приєднання). Норми встановлюють два значення для кожного показника - нормально допустимі значення, які можуть виконуватися з імовірністю 95% і гранично допустимі значення, перевищення яких не допускається.

До основних показників якості електричної енергії належать:

- відхилення напруги U_n від номінального значення ($-E5$ та 1090);

- коливання напруги U_n , які характеризуються розмахом зміни напруги, частотою повторення, дозою флікера;

- несинусоїдальність напруги, яка характеризується коефіцієнтом викривлення синусоїдальності кривої напруги k_u та коефіцієнтом n -ї гармонічної складової напруги k_{un});

- несиметрія напруги, яка характеризується коефіцієнтом несиметрії за оберненою послідовністю k_{2u} (2 та 4%) та коефіцієнтом несиметрії за нульовою послідовністю k_{0u} (2 та 49%);

- відхилення частоти, Δf (± 2 Гц та ± 4 Гц).

Крім перерахованих показників нормуються тривалості провалів напруги Δt_n , імпульс напруги ΔU_{imp} , та коефіцієнт тимчасової перенапруги $k_{пер.м}$.

3. Економічність рішень, які приймаються

Основними особливостями сучасних підходів до вирішення техніко-економічних задач в умовах ринкових відносин є:

- використання системи показників та відповідних інтегральних критеріїв, які відзеркалюють комерційну та суспільну (соціально- економічну) ефективність проекту в цілому;

- зведення майбутніх витрат та прибутків до однакових умов по економічній цінності в початковий момент часу (дисконтування) в границях певного розрахункового періоду;

- необхідність врахування інфляції, невизначеності та ризиків, пов'язаних зі здійсненням проекту.

В відповідно до ГКД3340.000.002-97 "Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику, Енергосистеми та електричні мережі" для техніко-економічних розрахунків можуть бути використані наступні показники: зведені витрати (для одноразових капіталовкладень), інтегральний ефект, рентабельність інвестицій, термін окупності та інші.

Зведені витрати - витрати поточного періоду (найчастіше капітальні), зведені до майбутнього періоду.

Інтегральний ефект - це різниця результатів та витрат на реалізацію техніко-організаційного заходу за розрахунковий період, зведених до одного року.

Рентабельність інвестицій - це відношення поточного річного прибутку (з урахуванням амортизаційних відрахувань та залишкової вартості) до капітальних вкладень, в результаті яких цей прибуток було отримано.

Термін окупності - це період часу, необхідний, для повного відшкодування початкових інвестицій за рахунок чистих грошових надходжень від їх використання.

4. Безпека обслуговування

Під час проектування та оперативного обслуговування та виконання робіт в діючих електроустановках повинні бути створені умови та передбачені всі необхідні заходи для виконання вимог правил безпечної експлуатації електроустановок (ДНАОП 000-1.27-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів").

5. Енергозбереження та екологія

Основним напрямком в галузі енергозбереження в електричних мережах є заходи зі зниження втрат потужності та електричної енергії під час її передачі,

розподілу та використання. Проведення енергозберігаючої політики буде позитивно впливати на екологію навколишнього середовища.

6. Простота та наочність схем електропостачання

Схема електричної мережі повинна бути простою та наочною, що дозволяє знизити експлуатаційні витрати з забезпеченням необхідного рівня надійності.

7. Можливість безперервного подальшого розвитку та реконструкції

електричних мереж без корінних змін існуючої її частини

На певному етапі функціонування електрична мережа повинна мати таку структуру, яка б забезпечувала можливість подальшого розвитку мережі без корінних змін існуючої структури.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ТА ВИБІР ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ

НУБІП України

3.1 Збір вихідних даних для розрахунку та вибору потужності трансформаторної підстанції

НУБІП України

Джерела живлення, якими служать трансформаторні підстанції можуть бути виконані одним або двома знижувальними трансформаторами. Різниця полягає у дотриманні вимог надійності. Однотрансформаторні підстанції застосовують у житлових районах з поверховістю не вище дев'яти поверхів будинків. У разі якщо будинки мають вище дев'яти поверхів доцільно використати двотрансформаторну підстанцію. Здебільшого для електропостачання таких житлових масивів використовуються трансформатори потужністю 400 та 630 кВА.

НУБІП України

Для адекватного вибору трансформаторної підстанції рекомендується виконати проект техніко-економічного обґрунтування та провести облік відповідних показників не лише самих джерел живлення, а й розподільної мережі напругою кВ та ділянок мереж напругою 10 кВ. В якості розрахунку вихідним параметрами для подібного дослідження є густина навантажень, конструктивне виконання трансформаторної підстанції та ліній напругою до 1 кВ, вартість встановлення та зручність експлуатації електротехнологічного обладнання.

НУБІП України

НУБІП України

3.2. Визначення потужності та вибір трансформаторної підстанції

Поверхнева густина навантажень мікрорайону обчислюється за формулою:

НУБІП України

$$\sigma = S_p / F_{\text{мкр}}, \quad (3.1)$$

де S_p - повна розрахункова потужність споживачів мікрорайону, кВА;
 $F_{\text{мкр}}$ - площа території мікрорайону згідно генерального плану забудови, км²;

$$\sigma = 5140/0,26 = 19,8 \text{ МВА/км}^2 > 8,0 \text{ МВт/км}^2$$

Орієнтовні значення економічно доцільної встановленої потужності ТП 10/0,4 кВ та кількості відхідних від ТП ліній 380В визначається за формулами:

$$S_{e.тп} = 1,45 \sqrt{s^2},$$

$$S_{e.тп} = 1,45 \sqrt{19,8^2} = 1170 \text{ кВА}$$

$$M_e = 1,65 \cdot 10^{-2} \sqrt{19,8^2} = 12,3$$

Зважаючи на характерні особливості району розташування об'єкту та зважаючи на близькість до ліній метрополітену і можливістю зростання навантажень доцільно розглянути вибір трансформаторів 10/0,4 кВ-630 кВА. У разі, якщо потужність трансформатора згідно розрахунків вище 1000 кВА економічно вигідно встановити два трансформатори по 630 кВА. Відповідно, двотрансформаторні трансформаторні підстанції можуть застосовуватися не лише з міркувань вимог надійності, але і за умовами економічності з урахуванням умов експлуатації, а також полегшення електроапаратури на стороні 380В.

За наявності взаєморезервування трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ вибір номінальної потужності цих трансформаторів проводиться з урахуванням допустимого перевантаження у післяаварійному режимі до 160%. Така умова дозволяє у разі виходу з ладу одного з трансформаторів переключити існуючі навантаження на інший трансформатор у разі потреби. Також дана схема дозволить здійснити взаємне резервування з сусідніми трансформаторними підстанціями низької напруги, які здатні будуть витримати нетривалі за часом перевантаження.

За умовами нормального режиму роботи число трансформаторів міських трансформаторних підстанцій повинно бути не меншим

$$N = \frac{S_p}{k_3 S_{HT}} \quad (3.4)$$

де S_p - розрахункове навантаження мікрорайону, кВА;

S_{HT} - прийнята номінальна потужність трансформаторів у мікрорайоні, кВА;

k_3 - коефіцієнт завантаження в нормальному режимі роботи, що приймається залежно від категорії надійності споживача електроенергії, при переважанні споживачів II категорії коефіцієнт навантаження може бути прийнятим $k_3 = 0,7 \div 0,8$ [1].

$$N = \frac{5140}{0,8 \cdot 630} = 7$$

$$N = \frac{5140}{0,8 \cdot 1000} = 3,2$$

$$N = \frac{5140}{0,8 \cdot 250} = 2,5$$

Приймаємо 7-ТП (2x630)кВА (1 варіант)

Приймаємо 4-ТП (2x1000)кВА (2 варіант)

Приймаємо 3-ТП (2x250)кВА (3 варіант)

Варіант 1 немає сенсу розглядати, так як кількість трансформаторних підстанцій вдвічі більша ніж у варіанті 3.

3.3. Знаходження навантаження та обґрунтування місця розташування підстанції

Під час вибору місця встановлення трансформаторної підстанції завжди доречно визначати центр електричних навантажень мікрорайону. Зазвичай він може відповідати центру тяжкості на площині, тобто виступати своєрідним центром груп мас. Також варто врахувати можливість розташування трансформаторної підстанції неподалік внутрішньоквартальних проїздів з дотриманням відстані не менше 10 м від будівель. Не можна встановлювати трансформатори на територіях зелених насаджень, поблизу дитячих та спортивних

майданчиків, а також так званих червоних лініях, що позначають охоронні зони інших мереж та об'єктів будівництва. Коли одна з будівель такої зони має суттєвий перекоп по електричному навантаженню, то бажано розмістити джерело живлення поблизу до такого об'єкту. Здійснено розрахунок трансформаторної підстанції 1 за варіантом 2.

Сумарне активне розрахункове електричне навантаження усіх будівель, що обслуговуються ТП1:

$$(3.5) \quad P_{pТП1} = P_{кв.ТП1} + k_y (P_{л.ТП1} + P_{см.ТП1}) + \sum_{i=1}^n (k_{yi} \cdot \varphi_{суч.б\ddot{y}д\ddot{y}})$$

$$P_{pТП1} = 7724,19 + 0,9(16470,5 + 1244,50,4 + 38,6) + (0,4475)2 = 1113кВт$$

Сумарне реактивне розрахункове електричне навантаження усіх будівель, що обслуговуються ТП1:

$$Q_{pТП1} = Q_{кв.ТП1} + k_y (Q_{л.ТП1} + Q_{см.ТП1}) + \sum_{i=1}^n (k_{yi} \cdot \varphi_{суч.б\ddot{y}д\ddot{y}}) \quad (3.6)$$

$$Q_{pТП1} = 149,1 + 0,9(105,084,17 + 1640,75) + (0,440,38)2 = 340,2кВт$$

Повне сумарне реактивне електричне навантаження будівель, що обслуговуються ТП1 визначається за формулою:

$$S_{pТП1} = \sqrt{P_{pТП1}^2 + Q_{pТП1}^2} \quad (3.7)$$

$$S_{pТП1} = \sqrt{1113^2 + 340^2} = 1301кВА$$

Коефіцієнт завантаження ТП1 розраховується за наступною формулою:

$$K_{зТП1} = \frac{S_{зТП1}}{S_{см}}$$

$$K_{зТП1} = \frac{1301}{24000} = 0,65$$

Розрахунок для решти трансформаторних підстанцій проводиться аналогічно, результат розрахунку наведений в таблицях 3.1-3.2.

Таблиця 3.1

Розрахунок 4 -ТП (2x1000)кВА

| № ТП | Розрахункова потужність, кВА | Коефіцієнт завантаження ТП |
|------|------------------------------|----------------------------|
| 1 | 1350 | 0,67 |
| 2 | 1400 | 0,70 |
| 3 | 1425 | 0,71 |
| 4 | 1500 | 0,75 |

Таблиця 3.2

Розрахунок 3-ТП (2x1250)кВА

| № ТП | Розрахункова потужність, кВА | Коефіцієнт завантаження ТП |
|------|------------------------------|----------------------------|
| 1 | 1350 | 0,67 |
| 2 | 1480 | 0,74 |
| 3 | 1500 | 0,75 |
| 4 | 1673 | 0,83 |

В якості початку координат беремо лівий нижній кут меж мікрорайону.

Форми будівель, які знаходяться в межах обслуговування мікрорайону є різноманітними, тому в нашому випадку слід обирати відстань до передбачуваного центру навантажень.

Центр електричних навантажень мікрорайону визначається за формулами:

$$x_{ц} = \frac{\sum S_{p,i} x_i}{\sum S_{p,i}}, \quad y_{ц} = \frac{\sum S_{p,i} y_i}{\sum S_{p,i}}, \quad (3.9)$$

де $x_{ц}$, $y_{ц}$ - координати центру електричних навантажень;

$S_{p,i}$ - розрахункове навантаження i -го споживача;

x_i , y_i - координати центру навантажень i -го споживача.

Приклад розрахунку координат «центру навантажень групи споживачів, що обслуговуються трансформаторною підстанцією ТП 1 (варіант №2).

$$x_{ц} = \frac{351 \cdot 74,6 + 321 \cdot 400,21 + 252 \cdot 72,06 + 401 \cdot 23,5 + 329 \cdot 42,37}{300 + 601 + 225,06 + 176 + 144} = 318$$

$$y_{ц} = \frac{165 \cdot 74 + 36 \cdot 21 + 135 \cdot 255 + 160 \cdot 73 + 218 \cdot 40}{301 + 411 + 422 + 137 + 170} = 137$$

РОЗДІЛ 4

ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ ТА ВИБІР СХЕМ
РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ 0,4 та 10 кВ

До складу споживачів електроенергії мікрорайону входять електроприймачі

II категорії надійності. Тому для їх забезпечення будуть застосовані радіальні та магістральні двопроменеві схеми мереж.

У разі використання двох паралельних ліній збільшується надійність електроживлення. Це ідеальна умова для електропостачання споживачів II категорії надійності. Також за таких обставин буде забезпечене секціонування шин внутрішнього розподільчого пристрою 380 В будівлі. Також для дотримання умов надійності споживачів електричної енергії I категорії на ввіді до таких споживачів встановлюємо автоматичне ввімкнення резерву.

Траси всередині кварталів вибираємо враховуючи планування будівель мікрорайону. Важливим є дотримання так званих червоних ліній між комунікаціями. Такі траси мають бути розташованими здебільшого вздовж контурів будівель, під пішохідними доріжками, по можливості, не перетинати зони озеленення, спортивні та дитячі майданчики і тому подібні.

Якщо трансформаторна підстанція знаходиться близько біля будівлі то живлення виконуємо окремими лініями без включення таких приміщень до складу магістральних мереж.

Розрахунок електричних навантажень ліній 0,4 кВ проводимо в двох режимах живлення: нормальному та післяаварійному з урахуванням технічних обмежень допустимого нагрівання та допустимих втрат напруги. Мінімальні перерізи перевіряємо за умовами механічної міцності (умови монтажу та експлуатації). Обираємо кабель типу АВВГ для електричних мереж 0,4 кВ.

Навантаження електричних мереж розподіляємо дві групи споживачів, одну з яких виконаємо кабелем більшого перерізу, так як розподіл навантаження не є симетричним.

4.1. Розрахунок та вибір перерізу кабелів 0,4 кВ

Для розподілення електричної енергії у мережах 0,4 кВ використовуємо чотирижильний кабель з алюмінієвими жилами та ізоляцією з полівінілхлориду.

Беремо в якості прикладу для розрахунку будинок №1.

Розрахунок найбільшого струму в нормальному режимі роботи:

$$I_{\text{розр}} = \frac{S}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} n} \quad (4.1)$$

де S – потужність навантаження кабелю, кВА;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга кабелю, кВ;

n – кількість кабелів.

$$I_{\text{розр.ТПП-буд12}} = \frac{1500}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 4} = 570 \text{ А}$$

Розрахунок струмів нормального режиму для решти кабельних ліній проводимо аналогічно та результати заносимо в табл. 4.1-4.2.

4.2. Перевірка кабельних ліній за допустимими умовами

Електричні кабелі мають відповідати умовам нагрівання за обох режимів (нормального та аварійного), періодів виконання ремонтних робіт та згладжувати ймовірні нерівномірності розподілу струму між лініями, секціями шин та інших позаштатних ситуацій.

Режим після аварій – це режим коли пошкоджена одна з магістралей живлення.

Розрахунок найбільшого струму у післяаварійному режимі роботи:

$$I_{\text{розр}}^{\text{П.АВ.}} = \frac{S^{\text{П.АВ.}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} n^{\text{П.АВ.}}} \quad (4.2)$$

де $S_{П.АВ.}$ – потужність навантаження кабелю у післяварійному режиму роботи,

кВА;

$U_{НОМ}$ – номінальна напруга кабелю, кВ;

$n_{П.АВ.}$ – кількість кабелів у післяварійному режимі роботи

$$I_{розн.}^{П.АВ.} = \frac{1500}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1136 \text{ А}$$

$$I_{доп} = I_{доп.табл.} \cdot k_n \cdot k_t \cdot k_{зав.}, \quad (4.3)$$

де $I_{доп.табл.}$ – допустимий тривалий струм для кабелів з алюмінієвими жилами з пластмасовою ізоляцією, що прокладаються у землі.

$I_{доп.табл. 120(3)} = 1136 \text{ А}$ для трижильних алюмінієвих кабелів з пластмасовою ізоляцією, у нашому розрахунку приймається кабель чотирижильний, згідно ПУЕ п.1.3.7. тривало допустимі струмові навантаження для чотирижильних кабелів до 1 кВ з гумовою або пластмасовою ізоляцією застосовується коефіцієнт 0,92.

$$I_{доп.табл 120(4)} = I_{доп.табл 120(3)} \cdot k = 1136 \cdot 0,92 = 1045 \text{ А}$$

k_n – коефіцієнт прокладання, який враховує кількість кабелів, прокладених в траншеї, дані наведені у таблиці 1.3.26 [8].

Коригуючий коефіцієнт на кількість працюючих кабелів, що прокладені поряд у землі (в трубах або без труб) k_n :

| Відстань між кабелями у світли, мм ² | Коефіцієнт при кількості кабелів | | | | | |
|---|----------------------------------|-----|------|-----|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 400 | 1 | 0,9 | 0,85 | 0,8 | 0,78 | 0,75 |

k_t – поправні коефіцієнти на струми при розрахунковій температурі середовища, приймаються рівними 1,06 [8] табл. 1.3.3.

$k_{зав} = 0,7$ – коефіцієнт завантаження в нормальному режимі;

$k_{зав} = 1,15$ – коефіцієнт завантаження у післяварійному режимі,

$$I_{доп} = 1045 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,7 = 620 \text{ А}$$

$$I_{доп}^{П.АВ.} = 1045 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot 1,15 = 1146 \text{ А}$$

Отже, прокладання здійснюємо чотирма кабелями перерізом 120 мм².

Допустимі втрати напруги в мережах 0,4 кВ в нормальних режимах не повинні перевищувати 5%.

Втрати напруги визначаємо за наступною формулою:

$$\Delta U = \frac{(P \cdot r_0 + Q \cdot x_0) \cdot l}{U_{ном}} \quad (4.4)$$

де r_0, x_0 – активний та реактивний опори на одиницю довжини лінії;

l – довжина лінії, км.

$$\Delta U = \frac{\Delta U}{U_{ном}} \cdot 100\% \quad (4.5)$$

Приклад розрахунку наведений для будинку №3:

Сумарні втрати напруги від ТПІ до будівлі №3 будуть рівні:

$$\Delta U_{лін.1} = \frac{(1500 \cdot 0,258 + 92,64 \cdot 0,076)}{0,38 \cdot 4} \cdot 0,16 = 259 \text{ В}$$

$$\Delta U_{лін.1\%} = \frac{259}{380} \cdot 100 = 68 \%$$

Обираємо переріз наступних кабельних ліній, який проводимо аналогічно та результати заносимо в таблиці 4.1-4.2.

НУБІП України

де $\Sigma K_{ТП}$ – сумарні капіталовкладення на спорудження трансформаторної підстанції:

НУБІП України

$$\Sigma K_{ТП} = n_{ТП} \cdot k_{ТП}, \text{ (тис. грн.)}, \quad (4.10)$$

де $n_{ТП}$ – кількість трансформаторних підстанцій.

Отримуємо:

НУБІП України

Таблиця 4.6

Результати розрахунків і порівняння варіантів

| Варіант мережі | Встановлена потужність трансформаторів, кВА | $K_{ТП}$, тис. грн | $\Sigma K_{ТП}$, тис. грн |
|----------------|---|---------------------|----------------------------|
| № 1 | 5x(2·1000) | 5 700 | 28 500 |
| № 2 | 4x(2·1250) | 6 300 | 25 200 |

$$K_{S_{мер(2варіант)}} = 6373611 + 28500000 = 34873611 \text{ грн.}$$

$$K_{S_{мер(3варіант)}} = 7727272 + 25200000 = 32927272 \text{ грн.}$$

НУБІП України

Сумарні витрати без обліку відрахувань на реновацію визначаються

таким чином:

НУБІП України

$$B'_e = B'_{експл} + B_{De} \quad (4.11)$$

Витрати на експлуатацію без обліку відрахувань на реновацію визначаються за формулою:

$$B'_{експл} = (a_{обс} + a_{к.р.}) C_k, \quad (4.12)$$

$a_{обс}, a_{к.р.}$ – норми відрахувань на обслуговування та капітальний ремонт відповідно.

НУБІП України

$$V'_{\text{експ.кл}} = (a_{\text{обс}} + a_{\text{кр.}}) \cdot K_{\text{кл}} = 0,023 \cdot K_{\text{кл}}$$

$$V'_{\text{експ.ТП}} = (a_{\text{обс}} + a_{\text{кр.}}) \cdot K_{\text{ТП}} = 0,059 \cdot K_{\text{ТП}}$$

$$V'_{\text{експ.Е}} = V'_{\text{експ.ТП}} + V'_{\text{експ.кл}}$$

$$V'_{\text{експ.С КЛ (2варіант)}} = 0,023 \cdot 6373611 = 146593,1 \text{ грн}$$

$$V'_{\text{експ.С ТП (2варіант)}} = 0,059 \cdot 28500000 = 1681500 \text{ грн}$$

$$V'_{\text{експ.С (2варіант)}} = 146593,1 + 1681500 = 1828093,1 \text{ грн}$$

$$V'_{\text{експ.С КЛ (3варіант)}} = 0,023 \cdot 7727272 = 177727,3 \text{ грн}$$

$$V'_{\text{експ.С ТП (3варіант)}} = 0,059 \cdot 25200000 = 1486800 \text{ грн}$$

$$V'_{\text{експ.С (3варіант)}} = 177727,3 + 1486800 = 1664527,3 \text{ грн}$$

Витрати на відшкодування втрат електроенергії визначаються за формулою:

$$B_{\text{е}} = c_{\text{е}} \cdot \Delta \mathcal{E}_{\text{с}} \quad (4.13)$$

де $c_{\text{е}}$ - тариф на електроенергію

$$c_{\text{е}} = 1,5 \text{ (грн/кВт}\cdot\text{год)},$$

причому $\Delta \mathcal{E}_{\text{с}} = \Delta \mathcal{E}_{\text{усл-пост}} + \Delta \mathcal{E}_{\text{нагр}}$ - сумарні втрати електроенергії,

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{усл-пост}} = \Delta P_{\text{усл-пост}} \cdot T_{\text{год}} \quad (4.14)$$

$$\text{де } T_{\text{год}} = 8760 \frac{\text{дів}}{\text{год}}$$

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{нагр}} = \Delta P_{\text{нагр}} \cdot \tau, \quad (4.15)$$

де

$$\tau = \frac{1}{3} \cdot T_{\text{нб}} + \frac{2}{3} \cdot \frac{T_{\text{нб}}^2}{8760} \left[\frac{\text{дів}}{\text{год}} \right] \quad - \text{ час найбільших втрат} \quad (4.16)$$

Визначаємо час найбільших втрат

$$\tau = \frac{1}{3} \cdot 4500 + \frac{2}{3} \cdot \frac{4500^2}{8760} = 3041,1 \frac{\text{дів}}{\text{год}}$$

Обираємо трифазні двообмоткові трансформатори ТМ-1000/10 та ТМ-

1250/10 з наступними параметрами:

$$S_{\text{ном.тр.}} = 1000 \text{ кВА}, \Delta P_{\text{к 1000}} = 10,8 \text{ кВт}, \Delta P_{\text{х 1000}} = 1,60 \text{ кВт}$$

$$S_{\text{ном.тр.}} = 1250 \text{ кВА}, \Delta P_{\text{к-1250}} = 13,5 \text{ кВт}, \Delta P_{\text{х-1250}} = 1,85 \text{ кВт}$$

Втрати потужності в трансформаторах на прикладі ТПІ варіант 2

$$\Delta P_{\text{нагр}} = \left(\frac{\Delta P_{\text{к}}}{2} \right) \cdot \left(\frac{S_{\text{ТП}}}{S_{\text{НОМ.ТР}}} \right)^2 \quad (4.17)$$

$$\Delta P_{\text{нагр}} = \left(\frac{10,8}{2} \right) \cdot \left(\frac{1433}{1000} \right)^2 = 12,83 \text{ кВт}$$

Таблиця 4.7

Результати розрахунків мережі споживачів другої групи

| № ТП | $S_{\text{ТП}}$, кВА | $\Delta P_{\text{обм.}}$, кВт |
|--|-----------------------|--------------------------------|
| 1 | 1433 | 11,1 |
| 2 | 1394 | 10,5 |
| 3 | 1417 | 10,8 |
| 4 | 1446 | 11,3 |
| 5 | 1368 | 10,1 |
| | Σ | 53,8 |
| $\Delta P_{\text{х}} = 16 \text{ кВт}$ | | |

Таблиця 4.8

Результати розрахунків мережі споживачів першої групи

| № ТП | $S_{\text{ТП}}$, кВА | $\Delta P_{\text{обм.}}$, кВт |
|--|-----------------------|--------------------------------|
| 1 | 1740 | 12,9 |
| 2 | 1786 | 13,8 |
| 3 | 1843 | 14,4 |
| 4 | 1689 | 12,3 |
| | Σ | 46,4 |
| $\Delta P_{\text{х}} = 14,8 \text{ кВт}$ | | |

$$D_{\text{э}}^{\text{усл-пост(2 варіант)}} = 164760 = 140160$$

$$D_{\text{э}}^{\text{нагр(2 варіант)}} = 53,844041,1 = 33711$$

$$D_{\text{э}}^{\text{S(2 варіант)}} = 140160 + 33711 = 173871$$

$$I_{D_{\text{э}}(2 \text{ варіант})} = 1,5473871 = 260806 \text{ грн.}$$

$$D_{\text{э}}^{\text{усл-пост(3 варіант)}} = 14,84760 = 129648$$

$$D_{\text{э}}^{\text{нагр(3 варіант)}} = 46,444041,1 = 39305$$

$$D_{\text{э}}^{\text{S(3 варіант)}} = 129648 + 39305 = 168953$$

$$I_{D_{\text{э}}(3 \text{ варіант})} = 1,5468953 = 253430 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{д}}^{\text{(2 варіант)}} = 34873611 + (1828093.1 + 260806) \cdot \frac{10}{t=2} \cdot (1+10) = 35082501 \text{ грн}$$

$$Z_{\text{д}}^{\text{(3 варіант)}} = 32927272 + (1664527.3 + 253430) \cdot \frac{10}{t=2} \cdot (1+10) = 33119068 \text{ грн}$$

Далі порівнюємо два варіанти:

$$\Delta Z_{2-3} = \frac{35082501 - 33119068}{35082501} = 100\% - 5\%$$

З двох розглянутих схем мережі 0,4 кВ обираємо варіант 2 з п'ятьма

трансформаторними підстанціями типу ТМ-1000/10 з точки зору надійності

електропостачання.

решти х ліній проводимо аналогічно.

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5

ОЦІНКА ЯКОСТІ НАПРУГИ НА ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧАХ ОФІСНО-
ВИРОБНИЧИХ БУДІВЕЛЬ

Виконаємо оцінку та забезпечення якості напруги за її відхиленням від номінальної

Допустимі відхилення напруги від номінального складають:

- у мережах до 1000 В: у нормальному режимі $\pm 5\%$ - у післяаварійному режимі $\pm 10\%$

Перевірка дотримання допустимих відхилень напруги на електроприймачах 380 В житлових та громадських будівель проводиться за умовою:

$$\frac{\delta U_{yEP}}{U_{yEP}} \geq \frac{\delta U_{yEP}}{U_{yEP}} \pm \frac{\delta U_{yEP}}{U_{yEP}}, \% \text{ або у.о.,}$$

де $\frac{\delta U_{yEP}}{U_{yEP}} = -5$ або -10%

$$\frac{\delta U_{yEP}}{U_{yEP}} = +5 \text{ або } +10\%$$

Дійсні відхилення напруги у електроприймачів:

$$\delta U_{yEP} = \delta U_{yДЖ} - \Delta U_{\Sigma} + E_T \quad (5.1)$$

де $\Delta U_{\Sigma} = \Delta U_{лсн} + \Delta U_{тр} + \Delta U_{лнн} + \Delta U_{вн.буд}$ (5.2)

$\delta U_{yДЖ}$ - відхилення напруги на шпнах 10 кВ джерела живлення;

$\Delta U_{лсн}$ - розрахункові втрати напруги в лініях 10 кВ,

$\Delta U_{тр}$ - розрахункові втрати напруги в трансформаторах ТП;

$\Delta U_{лнн}$ - розрахункові втрати напруги зовнішньої мережі до будівлі, що розглядається;

$\Delta U_{вн.буд}$ - розрахункові втрати напруги у зовнішній мережі будівлі;

E_T - "надбавка" напруги, яка залежить від обраного робочого відгалуження

на трансформаторах ТП; Розрахунки виконуються для нормальних режимів мережі при найбільших та найменших навантаженнях споживачів, а також для

найбільш важких післяаварійних режимів при найбільших навантаженнях споживачів. За відсутності необхідних даних допускається проводити розрахунки режиму найменших навантажень за навантаженням, що дорівнює 25-30% від максимального. Розрахунковими контрольними вузлами за

напругою є: 1. Найбільш електрично близькі до ТП та найбільш електрично віддалені ТП 10/0,38 кВ, 2. Введення найбільш близьких до ТП та найбільш віддалених електроприймачів 380 В. При цьому повинні враховуватися втрати напруги у внутрішньообудинкових мережах 380, які складають: 2-3% для будівель в 5-15 поверхів; 3-4% для будівель у 16-22 поверхи; 3-4% для

громадських та промислових будівель.

Дотримання умов $\frac{\Delta U_{\text{усп}}}{U_{\text{н}}}$ та $\frac{\Delta U_{\text{усп}}}{U_{\text{сп}}}$ забезпечується зустрічним регулюванням напруги на ТП та вибором робочих відгалужень

трансформаторів 10/0,4 кВ на кожній ТП. Трансформатори 10/0,4 кВ, крім основного виведення (10 кВ), мають робочі відгалуження %, яким відповідають певні значення (0...+10 %). На підставі наведених відомостей вибирається необхідне, що задовольняє режимам найбільших та найменших навантажень (а також і післяаварійним режимам. Мінімальний обсяг розрахунків, який підтверджує принципову можливість забезпечити необхідні

відхилення напруги у всіх електроприймачів, полягає у перевірці виконання умови на електрично найбільш віддалених та найбільш близьких до ТП електроприймачі. Найбільш електрично віддалені електроприймачі

відповідають обліку найбільших відхилень напруги в лініях середньої та нижчої напруги ($\Delta U_{\text{лсн}}$ та $\Delta U_{\text{лнн}}$), а також повній величині втрат напруги

всередині будівель ($\Delta U_{\text{вн.,буд.}}$). Найбільш електрично близькі електроприймачі відповідають обліку найменших відхилень напруги в лініях середньої та нижчої напруги ($\Delta U_{\text{лсн}}$ та $\Delta U_{\text{лнн}}$).

1. Найбільш електрично віддаленим трансформатором вважатимемо трансформатор, приєднаний до магістралі 2а – ТП 4, а найбільш електрично віддалений електроприймач будинок №5.

Опори трансформатору – $R_{TP}=0,69 \text{ Ом}$, $X_{TP}=4,35 \text{ Ом}$.

Режим найбільших навантажень:

$$\Delta U_{TP/НБ} = \frac{\left(\frac{P_{TP}^2}{2} r_{TP} + \frac{Q_{TP}^2}{2} x_{TP} \right)}{U_{ном}^2 \cdot 1000} \cdot 100 = \frac{\left(\frac{13746}{2} \cdot 0,69 + \frac{4393}{2} \cdot 4,35 \right)}{10^2 \cdot 1000} \cdot 100 = 1,4\% \quad (5.3)$$

$$\Delta U_{КЛ\ 10/НБ} = 4,4\%, \quad \Delta U_{КЛ\ 0,4/НБ} = 2,44\%, \quad \Delta U_{зд/НБ} = 3\%, \quad (5.4)$$

$$\Delta U_{НБ} = \Delta U_{КЛ\ 10/НБ} + \Delta U_{TP/НБ} + \Delta U_{КЛ\ 0,4/НБ} + \Delta U_{зд/НБ} = 4,4 + 1,4 + 2,44 + 3 =$$

11,24%

Режим найменших навантажень:

$$\Delta U_{TP/НМ} = 0,25 \cdot \Delta U_{TP/НБ} = 0,25 \cdot 1,4 = 0,35\%, \quad (5.5)$$

$$\Delta U_{КЛ\ 10/НМ} = 0,25 \cdot \Delta U_{КЛ\ 10/НБ} = 0,25 \cdot 4,4 = 1,1\%, \quad (5.6)$$

$$\Delta U_{КЛ\ 0,4/НМ} = 0,25 \cdot \Delta U_{КЛ\ 0,4/НБ} = 0,25 \cdot 2,44 = 0,61\%, \quad (5.7)$$

$$\Delta U_{буд/НМ} = 0,25 \cdot \Delta U_{буд/НБ} = 0,25 \cdot 3 = 0,75\% \quad (5.8)$$

$$\Delta U_{НМ} = \Delta U_{КЛ\ 10/НМ} + \Delta U_{TP/НМ} + \Delta U_{КЛ\ 0,4/НМ} + \Delta U_{буд/НМ} =$$

0,35 + 1,1 + 0,61 + 0,75 = 2,81%

Вибір «надбавки» напруги:

$$-5 - (5) + 11,24 \leq E \leq 5 - 0 + 2,81$$

$$1,24 \leq E \leq 7,81$$

Обираємо попередньо «надбавку» напруги $E_T = +5\%$

У післяаварійному режимі найбільша втрата напруги відбувається в мережі 10 кВ (4,4%), відповідно, аварійний режим розглядається в цьому елементі мережі.

$$\Delta U_{\Sigma(п/ав)} = \Delta U_{КЛ\ 10/НБ} + \Delta U_{п/ав TP} + \Delta U_{КЛ\ 0,4/НБ} + \Delta U_{буд/НБ} = 4,4 + 1,4 + 2,44 + 3 =$$

15,64%

Відхилення напруги на електроприймачі:

$$\delta U_{еп} = \delta U_{дж} \Delta U_c - \Delta U_T + E_T - \Delta U_{п} - \Delta U_{бук} - \delta U_{дж} \Delta U_{\Sigma(п/ав)} + E_T = 5 -$$

15,64 + 5 = -5,64% > $[\delta U_{еп}]_-$

Таким чином, при обраній попередньо "надбавці" напруги $E_T = +5\%$ відхилення напруги на електроприймачі у післяаварійному режимі задовольняє вимогам ДСТУ.

2. Найбільш електрично віддалений трансформатор магістралі 2а – ТП 4, а найбільш електрично близький електроприймач будинок 2.

$$\Delta U_{\text{КЛ}_{10/\text{нб}}} = 4,4\%, \Delta U_{\text{КЛ}_{0,4/\text{нб}}} = 1,25\%, \Delta U_{\text{буд/нб}} = 3\%, \Delta U_{\text{ТР/нб}} = 1,4\%$$

$$\Delta U_{\text{нб}} = \Delta U_{\text{КЛ}_{10/\text{нб}}} + \Delta U_{\text{ТР/нб}} + \Delta U_{\text{КЛ}_{0,38/\text{нб}}} + \Delta U_{\text{буд/нб}} = 4,4 + 1,4 + 1,25 + 3 = 10,05\%$$

Режим найменших навантажень:

$$\Delta U_{\text{нм}} = \Delta U_{\text{КЛ}_{10/\text{нм}}} + \Delta U_{\text{ТР/нм}} + \Delta U_{\text{КЛ}_{0,38/\text{нм}}} + \Delta U_{\text{зд/нм}} = 0,35 + 1,1 + 0,31 + 0,75 = 2,51\%$$

Вибір «надбавки» напруги:

$$-5 - (5) + 10,05 \leq E \leq 5 - 0 + 2,51$$

$$0,05 \leq E \leq 7,51$$

Для електрично близького та електрично дальнього електроприймача обираємо "надбавку" $E_T = +5\%$

3. Найбільш електрично близьким трансформатором будемо враховувати трансформатор, що приєднаний до магістралі 1б – ТП4, а найбільш електрично близький електроприймач – будинок №8

Режим найбільших навантажень:

$$\Delta U_{\text{КЛ}_{10/\text{нб}}} = 2,2\%, \Delta U_{\text{КЛ}_{0,4/\text{нб}}} = 1,29\%, \Delta U_{\text{буд/нб}} = 3\%, \Delta U_{\text{ТР/нб}} = 1,4\%$$

$$\Delta U_{\text{нб}} = \Delta U_{\text{КЛ}_{10/\text{нб}}} + \Delta U_{\text{ТР/нб}} + \Delta U_{\text{КЛ}_{0,4/\text{нб}}} + \Delta U_{\text{буд/нб}} = 2,2 + 1,4 + 1,29 + 3 = 7,89\%$$

Режим найменших навантажень:

$$\Delta U_{\text{ТР/нм}} = 0,25 \cdot \Delta U_{\text{ТР/нб}} = 0,25 \cdot 1,4 = 0,35\%$$

$$\Delta U_{\text{КЛ}_{10/\text{нм}}} = 0,25 \cdot \Delta U_{\text{КЛ}_{10/\text{нб}}} = 0,25 \cdot 2,2 = 0,55\%, \text{ и т.д.}$$

$$\Delta U_{\text{КЛ}_{0,4/\text{нм}}} = 0,25 \cdot \Delta U_{\text{КЛ}_{0,38/\text{нб}}} = 0,25 \cdot 1,29 = 0,32\%,$$

$$\Delta U_{\text{буд/нм}} = 0,25 \cdot \Delta U_{\text{зд/нб}} = 0,25 \cdot 3 = 0,75\%$$

$$\Delta U_{\text{пн}} = \Delta U_{\text{КЛ}_{10/\text{нм}}} + \Delta U_{\text{ТР/нм}} + \Delta U_{\text{КЛ}_{0,4/\text{нм}}} + \Delta U_{\text{зд/нм}}$$

$$= 0,35 + 0,55 + 0,32 + 0,75 = 1,97\%$$

Вибір «надбавки» напруги:

$$-5-(5) + 7,89 \leq E \leq 5-0+1,97$$

$$-2,11 \leq E \leq 6,97$$

Обираємо переважачою «надбавку» напруги $E_T = +5\%$
 У післяаварійному режимі найбільша втрата напруги відбувається в мережі 10 кВ (2.2%), відповідно, аварійний режим розглядається у цьому

$$\text{елементі мережі } \Delta U_{\Sigma(\text{п/ав})} = \Delta U_{\text{КЛ}_{10/\text{нб}}} + \Delta U_{\text{п/ав/ТР}} + \Delta U_{\text{КЛ}_{0,4/\text{нб}}} + \Delta U_{\text{буд/нб}} =$$

$$2,22 + 1,4 + 1,29 + 3 = 10,09\%$$

Відхилення напруги на електроприймачі:

$$\delta U_{\text{еп}} = \delta U_{\text{дж}} - \Delta U_{\Sigma} - \Delta U_T + E_T - \Delta U_{\text{п}} - \Delta U_{\text{буд}} - \delta U_{\text{дж}} - \Delta U_{\Sigma(\text{п/ав})} + E_T = 5 -$$

$$10,09 + 5 = -0,09\% > [\delta U_{\text{еп}}]_.$$

Таким чином, при обраній попередньо "надбавці" напруга $E_T = +5\%$ відхилення напруги на електроприймачі у післяаварійному режимі задовольняє вимогам ДСТУ.

4. Найбільш електрично близьким трансформатором вважатимемо трансформатор, приєднаний до магістралі 16 – ТП 4, а найбільш електрично віддаленим електроприймачем будинок №12.

$$\Delta U_{\text{КЛ}_{10/\text{нб}}} = 2,2\%, \Delta U_{\text{КЛ}_{0,4/\text{нб}}} = 2,31\%, \Delta U_{\text{буд/нб}} = 4\%, \Delta U_{\text{ТР/нб}} = 1,4\%$$

$$\Delta U_{\text{нб}} = \Delta U_{\text{КЛ}_{10/\text{нб}}} + \Delta U_{\text{ТР/нб}} + \Delta U_{\text{КЛ}_{0,4/\text{нб}}} + \Delta U_{\text{буд/нб}} = 2,2 + 1,4 + 2,31 + 3 =$$

$$6,96\%$$

Режим найменших навантажень:

$$\Delta U_{\text{нм}} = \Delta U_{\text{КЛ}_{10/\text{нм}}} + \Delta U_{\text{ТР/нм}} + \Delta U_{\text{КЛ}_{0,4/\text{нм}}} + \Delta U_{\text{буд/нм}}$$

$$= 0,55 + 0,35 + 0,58 + 0,75 = 2,23\%$$

Вибір «надбавки» напруги:

$$-5-(5) + 6,96 \leq E \leq 5-0+1,78$$

$$-3,04 \leq E \leq 6,78$$

Після аварійний режим найбільша втрата напруги відбувається в мережі 0,4 кВ (2,31%), отже аварійний режим розглядається в цьому елементі мережі

$$\Delta U_{\Sigma(\text{п/ав})} = \Delta U_{\text{КЛ}_{10/\text{нб}}} + \Delta U_{\text{п/авТГ}} + \Delta U_{\text{КЛ}_{0,4/\text{нб}}} + \Delta U_{\text{буд/нб}} = 2,31 + 2 + 1,4 + 1,29 + 3 = 10,31\%$$

Відхилення напруги на електроприймачі:

$$\delta U_{\text{еп}} = \delta U_{\text{дж}} \Delta U_{\text{с}} = \Delta U_{\text{Т}} + E_{\text{Т}} - \Delta U_{\text{п}} - \Delta U_{\text{буд}} = \delta U_{\text{дж}} = \Delta U_{\Sigma(\text{п/ав})} + E_{\text{Т}} = 5 - 10,31 + 5 = -0,31\% > [\delta U_{\text{еп}}]$$

Таким чином, при обраній попередньо "надбавці" напруги $E_{\text{Т}} = +5\%$

відхилення напруги на електроприймачі в післяаварійному режимі задовольняє вимогам ДСТУ. Для електрично близького та електрично далекого електроприймача вибираємо "надбавку" $E_{\text{Т}} = +5\%$.

Виконаємо оцінку та забезпечення якості напруги за розмахом її змін.

$$\delta U_{\text{буд}} = \delta U_{\text{д}} + \delta U_{\text{Т}}, \quad (5.9)$$

де $\delta U_{\text{Т}} = 0,3-0,5\%$ - додатковий розмах коливань напруги.

$$\delta U_{\text{д}} = \delta U_{\text{т}} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{пуск}} \cdot \frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{ном}}} \cdot (R_{\Sigma} \cdot \cos \varphi_{\text{д}} + X_{\Sigma} \cdot \sin \varphi_{\text{д}}), \quad (5.10)$$

де $I_{\text{пуск}} = I_{\text{д,ном}} \cdot K_{\text{п}}$ - пусковий струм двигуна, А;

$U_{\text{д}}$ - напруга на виводах двигуна у нормальному режимі роботи, В;

$U_{\text{ном}}$ - номінальна напруга мережі і двигуна, В;

R_{Σ}, X_{Σ} - сума опорів трансформаторів, що живлять мережу, та ліній між підстанцією та двигуном, Ом;

$\cos \varphi_{\text{д}}$ - коефіцієнт потужності двигуна під час пуску.

Визначимо номінальний струм електродвигуна.

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cos \varphi_{\text{ном}} \eta_{\text{ном}}} = \frac{4,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,86 \cdot 0,87} = 9,14 \text{ А} \quad (5.11)$$

Визначаємо пусковий струм електродвигуна:

$$I_{\text{пуск}} = 7 \cdot I_{\text{ном}} = 7 \cdot 9,14 = 63,97 \text{ А} \quad (5.12)$$

R_{Σ} , X_{Σ} визначаються сумою опору трансформатора, приведеного до сторони нижчої напруги, і сумарного опору лінії нижчої напруги, що живлять електроприймачів

$$R_{\Sigma} = R'_{\text{тр}} + \Sigma R_{\text{лнн}} = R'_{\text{тр}} + \Sigma L_{\text{лнн}} \cdot R_0 \quad (5.13)$$

$$X_{\Sigma} = X'_{\text{тр}} + \Sigma X_{\text{лнн}} = X'_{\text{тр}} + \Sigma L_{\text{лнн}} \cdot X_0, \quad (5.14)$$

де $R'_{\text{тр}}$, $X'_{\text{тр}}$ - опору живильного трансформатора, приведені до сторони нижчої напруги трансформатора, Ом;

$L_{\text{лнн}}$, R_0 , X_0 - довжина та погонні параметри лінії нижчої напруги, км,

Ом/км;

$$R'_{\text{ТР}} = \frac{R_{\text{ТР}}}{k_{\text{ТР}}^2} = \frac{0,69}{\left(\frac{10}{0,4}\right)^2} = 0,0011 \text{ Ом} \quad (5.15)$$

$$X'_{\text{ТР}} = \frac{X_{\text{ТР}}}{k_{\text{ТР}}^2} = \frac{4,35}{\left(\frac{10}{0,4}\right)^2} = 0,0070 \text{ Ом} \quad (5.16)$$

$$R_{\Sigma} = 0,0011 + 0,032 = 0,033 \text{ Ом}$$

$$X_{\Sigma} = 0,007 + 0,014 = 0,021 \text{ Ом}$$

Оскільки даний двигун живиться від ТП 4, то попередньому пункті було вже розраховано відхилення напруги з урахуванням обраної надбавки, тому напруга на затискачах двигуна буде одно:

$$U_{\text{д}} = 400 - \Delta U_{\text{нн}} = 400 - 5,64 = 394,4 \text{ В}$$

$$\cos \varphi_{\text{II}} = 0,44 \text{ та } \sin \varphi_{\text{II}} = 0,90$$

Розмах коливань під час пуску електродвигуна:

$$\begin{aligned} \delta U_{\text{д}} = \delta U_{\text{т}} &= \sqrt{3} \cdot I_{\text{пуск}} \cdot \frac{U}{U_{\text{ном}}} \cdot (R_{\Sigma} \cdot \cos \varphi_{\text{II}} + X_{\Sigma} \cdot \sin \varphi_{\text{II}}) = \\ &= \sqrt{3} \cdot 63,97 \cdot 1,03 \cdot \left(0,033 \cdot 0,44 + 0,021 \cdot 0,9\right) = 3,63 \text{ В} \end{aligned}$$

$$\delta U_{\text{д}\%} = \delta U_{\text{т}\%} = \frac{\delta U_{\text{д}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{3,63}{380} \cdot 100 = 1\%$$

Розмах коливань під час пуску електродвигуна (на введенні у будівлю):

$$\delta U_{\text{зд}} = \delta U_{\text{д}} + \delta U_{\text{т}} = 1 + 0,4 = 1,4\%$$

При забудові житлового району будинками більше 12 поверхів кількість коливань напруги (пусків ліфтів) за хвилину приймемо рівним 1. При такій кількості коливань, згідно ДСТУ, коливання напруги не повинні перевищувати 3,2 %

$$1,4 \% < 3,2 \%$$

$\delta U_{\text{буд}} < \delta U_{\text{т, доп}}$ задовольняє вимогам ДСТУ.

Технічні характеристики електродвигуна АО2 – потужністю 7 кВт (за каталогом): $U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$ – номінальна напруга електродвигуна $P_{\text{ном}} = 7 \text{ кВт}$ – номінальна потужність електродвигуна $S_{\text{ном}} = 3,5\%$ – номінальне ковзання

електродвигуна $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,87$ – номінальний коефіцієнт потужності електродвигуна $K_{\text{п}} = 7$ – кратність пускового струму електродвигуна $\eta_{\text{ном}} = 88,5\%$ – номінальний ККД електродвигуна

Визначаємо номінальний струм електродвигуна:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cos \varphi_{\text{ном}} \eta_{\text{ном}}} = \frac{7}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,87 \cdot 0,885} = 13,81 \text{ А}$$

Визначаємо пусковий струм електродвигуна:

$$I_{\text{пуск}} = 7 \cdot I_{\text{ном}} = 7 \cdot 13,81 = 96,69 \text{ А}$$

Визначаємо суму опорів трансформаторів, що живлять мережу, та ліній між підстанцією та двигуном

$$R_{\Sigma} = R'_{\text{тр}} + \Sigma R_{\text{лнн}} = R'_{\text{тр}} + \Sigma L_{\text{лнн}} \cdot R_0$$

$$X_{\Sigma} = X'_{\text{тр}} + \Sigma X_{\text{лнн}} = X'_{\text{тр}} + \Sigma L_{\text{лнн}} \cdot X_0,$$

$$R'_{\text{ТР}} = \frac{R_{\text{ТР}}}{k_{\text{ТР}}^2} = \frac{0,69}{\left(\frac{10}{0,4}\right)^2} = 0,00110 \text{ Ом}$$

$$X'_{\text{ТР}} = \frac{X_{\text{ТР}}}{k_{\text{ТР}}^2} = \frac{4,35}{\left(\frac{10}{0,4}\right)^2} = 0,0070 \text{ Ом}$$

$$R_{\Sigma} = 0,0011 + 0,041 = 0,0421 \text{ Ом}$$

$$X_{\Sigma} = 0,007 + 0,012 = 0,019 \text{ Ом}$$

Так як даний двигун живиться від ТП 1, то в попередньому пункті вже було розраховано відхилення напруги з урахуванням обраної надбавки, тому напруга на затискачах двигуна дорівнює:

$$U_{\text{д}} = 400 - \Delta U_{\text{нп}} = 400 - 0,31 = 399,69 \text{ В}$$

$$\cos \varphi_{\text{П}} = 0,40 \text{ та } \sin \varphi_{\text{П}} = 0,92$$

Розмах коливань під час пуску електродвигуна

$$\begin{aligned} \delta U_{\text{д}} = \delta U_{\text{т}} &= \sqrt{3} \cdot I_{\text{пуск}} \cdot \frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{ном}}} \cdot (R_{\Sigma} \cdot \cos \varphi_{\text{П}} + X_{\Sigma} \cdot \sin \varphi_{\text{П}}) = \\ &= \sqrt{3} \cdot 96,69 \cdot 1,05 \cdot \frac{399,69}{380} \cdot (0,0421 \cdot 0,40 + 0,019 \cdot 0,92) = 5,69 \text{ В} \\ \delta U_{\text{д}\%} = \delta U_{\text{т}\%} &= \frac{\delta U_{\text{д}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{5,69}{380} \cdot 100 = 1,5\% \end{aligned}$$

Розмах коливань під час пуску електродвигуна (на введенні у будівлю)

$$\delta U_{\text{буд}} = \delta U_{\text{д}} + \delta U_{\text{т}} = 1,5 + 0,4 = 1,9\%$$

При забудові житлового району будинками понад 17 поверхів кількість коливань напруги (пусків ліфтів) за хвилину приймемо рівним 1. При такій кількості коливань, згідно з ДСТУ, коливання напруги не повинні перевищувати 3,2% $1,9\% < 3,2\%$

$\delta U_{\text{буд}} < \delta U_{\text{т, доп}}$ - задовольняє вимогам ДСТУ.

Нормування показників електромагнітної сумісності (або показників якості електроенергії) належить до числа головних питань проблеми електромагнітної сумісності.

Процес зміни напруги в системах електропостачання підприємств, як правило, є стохастичним: в електричних мережах зі спокійними навантаженнями зміна напруги $U(t)$ відбувається порівняно повільно, у мережах з різкозмінними (ударними) навантаженнями - досить швидко. Для адекватної оцінки впливу електромагнітних перешкод на електроустаткування й динамічні процеси доцільно використовувати математичний апарат

спектральної теорії випадкових процесів. Оскільки електромагнітні перешкоди мають енергетичний сенс, показники ЕМС (показник якості електроенергії) оцінюються відношенням енергетичного спектра електромагнітних перешкод $G(f)$ до номінальної напруги основної частоти. На

рис. 5.1 зображена (якісно) крива енергетичного спектра напруги

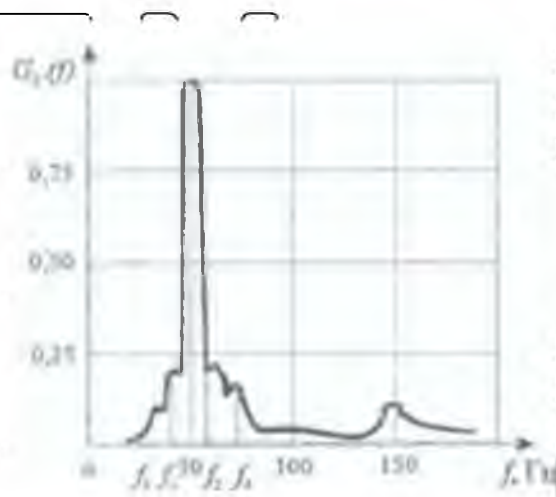


Рис. 5.1. Крива енергетичного спектра напруги

Принципи нормування показників якості електроенергії щодо напруги ґрунтуються на техніко-економічних передумовах і полягають у такому:

- показники якості електроенергії щодо напруги мають енергетичний сенс, тобто характеризують потужність (енергію) спотворення кривої напруги;

- ступінь негативного впливу енергії спотворення на електроустаткування й технологічні процеси порівнюється зі значенням показника якості електроенергії;

- гранично допустимі значення показника якості електроенергії обираються з техніко-економічних міркувань;

- показники якості електроенергії нормуються протягом певного інтервалу часу із заданою ймовірністю для одержання достовірних і порівнянних значень;

- допустимі значення показника якості електроенергії вказуються на записках електроприймачів (ЕП) і у вузлах електричних мереж

Система показників якості електроенергії, заснована на цих передумовах, може використовуватися також у проєктній практиці; вона дозволяє здійснити масове метрологічне забезпечення контролю якості електроенергії за допомогою відносно простих і недорогих приладів, а також реалізувати заходи й технічні прийоми нормалізації якості електроенергії.

У країнах СНД прийнятий ДСТ 13109-97 “Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення”. У цьому стандарті як допустимі значення показників якості електроенергії прийняті, в основному, рівні EMC у системах електропостачання, наведені в публікаціях МЕК як рекомендації для складання національних стандартів.

У Європі й, зокрема, у країнах Європейського союзу нормативною базою для оцінки EMC електроприймачів промислових підприємств є відомі стандарти:

- Європейський стандарт ЕУ 50160: 1994 р. «Характеристики напруги електрики, що постачається системами розподілу загального призначення». Цей стандарт установлює вимоги щодо EMC в електричних мережах промислових підприємств. ЕП підприємств належать до трьох класів рівнів EMC залежно від рівнів застосовуваного устаткування.

Клас 1. Перешкодочутливе електроустаткування (ЕОМ, обчислювальні центри, системи автоматики й телекомунікації та ін.).

Клас 2. Електроприймачі, що не створюють значних електромагнітних перешкод (освітлення, металорізальні верстати та ін.).

Клас 3. Перетворювачі струму й частоти, різкозмінне навантаження, електрозварювання та ін.

Навантаження типу ДСП і прокатних станів виокремлюють в особливий клас.

Зіставлення норм на EMC цих трьох стандартів показує, що вимоги ДСТ 13109-97 до відхилень напруги й частоти, до коефіцієнта несинусоїдальності в 2-3 рази жорсткіше, ніж у двох зазначених вище стандартах. У стандартах

МЭК і Євросоюзу встановлені рівні EMC у різних точках електричних мереж, до яких підключаються різні ЕП, у той час, як у ДСТ 13109-97 ряд показників нормуються в електричних мережах, а ряд інших на затискачах електроприймачів.

У всіх відзначених стандартах значення кожного показника якості електроенергії зазначені без урахування можливого впливу інших показників якості електроенергії. Рішення цього питання - за майбутніми дослідниками.

У країнах Північної й Південної Америки, а також у деяких африканських країнах прийнятий американський стандарт IEEE 8М 519, у якому наводяться обмеження, що стосуються до вищих гармонік. На відміну від європейських стандартів, обмежуються значення вищих гармонік струмів навантаження, створюваних його нелінійною частиною в точці загального підключення.

Стандартом ДСТ 13109-97 установлені два види норм на якість електроенергії - *нормально допустимі* й *гранично допустимі* значення. Оцінка відповідності показника якості електроенергії вимогам стандарту здійснюється протягом розрахункового часу, що дорівнює 24 год.

Основні параметри, що характеризують будь-яке джерело електроживлення, це напруга живлення (U) і струм (I).

Стабільність напруги (U) і здатність мережі забезпечити споживачів необхідною кількістю електроенергії залежить від енергопостачальної компанії.

На даний час, поняття якість (енергопостачання без спотворень) електроенергії і доцільність використання електроенергії (отримання максимального корисного ефекту від її використання) повинні розглядатися як одне ціле. З цієї причини слід оптимізувати як споживання енергії, так і її передачу і використання, що є гарантом правильного функціонування електрообладнання.

Збурення електромережі

Приведемо найбільш важливі типи збурення в електричних мережах:

1) коливання частоти - це зміна частоти, що вимірюється у вигляді середнього значення за 10 секунд. Такі коливання викликають «плавання» швидкості електродвигунів, як синхронних, так і асинхронних, порушення в роботі електропобутових приладів та інше.

2) несиметрична трифазна система (напруга або струм трифазної системи є повністю симетричними, якщо всі три фази (А, В і С) зсунуті по фазі одна відносно іншої на 120° , і модулі їх векторів рівні.

Система буде несиметричною, якщо модулі фазних векторів будуть різні, або фазовий зсув між двома векторами буде відрізнятися від 120° . Більш того, ці дві умови можуть виконуватися одночасно.

Серед джерел гармонік, як найбільш поширених, можна виділити наступні:

- Електромагнітні і електронні баласты систем освітлення
- Електрозварювальне обладнання
- Однофазне електрообладнання
- Електромагнітні дроселі для газорозрядних ламп
- Пристрої плавного пуску
- Регульовані електроприводи.

Вплив гармонік на електричну мережу

• Збільшення транспортованої потужності і зниження коефіцієнта потужності мережі

- Несанкціоноване спрацювання автоматичних вимикачів
- Перевантаження провідників
- Вібрації і перевантаження різних механізмів
- Виникнення нестабільності в енергосистемах
- Помилкове спрацювання пристроїв релейного захисту

• Зниження реактивного опору конденсаторів ($X_c = 1/\omega C$), що може викликати аварійну ситуацію в автоматично регульованих конденсаторних

батареях, встановлених для підвищення коефіцієнта потужності, при появі явища резонансу (тобто при рівності індуктивного і ємнісного реактивного опорів $X_L = X_C$).

- Помилкові показники вимірювальної апаратури
- Перешкоди в пристроях управління

Електромережіві компанії застосовують до промислових об'єктів, що генерують гармоніки штрафні санкції, за аналогією з об'єктами, що генерують реактивну потужність.

Параметри гармонік

Гармоніки можна класифікувати за трьома параметрами:

- 1) порядку номеру,
- 2) частоті
- 3) типу послідовності.

Ці параметри повністю визначають властивості гармонічних складових в електромережі

Значення основної частоти в Україні становить 50 Гц, а порядок гармонік - число раз, в яке частота гармонічної складової перевищує значення основної частоти: 1,2,3,4,5,6,7... тобто ряд натуральних чисел.

Різноманітні споживачі електричної енергії також можуть бути класифіковані за рядом характерних ознак.

За характером споживачів і методами визначення розрахункових навантажень

Промислові споживачі електричної енергії можна розділити на чотири основні групи:

- електроприводи (електродвигуни), які перетворюють електричну енергію в механічну; загалом вони споживають близько 60% виробленої електроенергії;

- світлотехнічні установки, на які витрачається до 10% електроенергії, яка виробляється;

- електротермічні установки, які перетворюють електричну енергію в теплову;

- електротехнологічні установки, в яких електричний струм безпосередньо використовується в технологічному процесі

Серед міських споживачів електричної енергії можна виділити:

- комунально-побутове навантаження;
- навантаження громадських будинків;
- навантаження комунальних підприємств міста;
- електрифікований транспорт.

Для сільськогосподарських споживачів характерне:

- комунально-побутове навантаження;
- навантаження тваринницьких комплексів;
- зрошування, теплиці тощо.

Класифікація за режимом роботи

Тривалий режим характерний для електроприводів насосів, вентиляторів, компресорів, нагрівальних печей.

Повторно-короткочасний режим, за якого короткочасна робота приймача електричної енергії чергується з порівняно довгими паузами, характерними для прокатних станів, підйомних кранів, зварювальних машин.

Нелінійні навантаження, до яких відносяться різноманітні перетворювачі, інвертори, перетворювачі частоти.

Несиметричні навантаження (одно- та двофазні електроприймачі)

Класифікація за видом струму, напруги, частоти

Змінний струм промислової частоти 50Гц є основним в електроустановках.

Постійний струм використовується в електроприводах, електролізних установках.

Електричний струм підвищеної та високої частоти використовується для живлення електронструментів, в установках індукційного нагріву.

Розрізняють електроустановки напругою до 1000 В та більше 1000 В.

Класифікація за надійністю електропостачання

Правила улаштування електроустановок за надійністю електропостачання виділяють три категорії електроприймачів.

Електроприймачі 1-ї категорії - це такі приймачі електричної енергії, перерва в електропостачанні яких може створити небезпеку для життя людей, значний збиток виробництву, пошкодження дорогого основного обладнання, масовий брак продукції, порушення функціонування важливих елементів комунального господарства.

Електроприймачі 2-ї категорії - це такі приймачі електричної енергії, перерва в електропостачанні яких спричиняє масове недоотримання продукції, масові простой

працівників, механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності значної кількості міських та сільських жителів.

Електроприймачі 3-ї категорії - всі інші приймачі електричної енергії, які не підходять під визначення 1-ї та 2-ї категорій.

Вимоги до електричних мереж

До електричних мереж висуваються наступні вимоги.

1. Надійність електропостачання

Надійність - це властивість електричної мережі виконувати необхідні функції у заданому об'ємі за визначених умов функціонування.

Електроприймачі 1-ї категорії повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних взаєморезервованих джерел живлення, а перерва в

електропостачанні може бути допущена тільки на час автоматичного вводу резервного живлення.

Незалежним джерелом живлення вважається таке джерело, на якому напруга зберігається після її зникнення на інших джерелах.

Електроприймачів 2-ї категорії рекомендується також забезпечувати електроенергією від двох незалежних джерел живлення. Для електроприймачів цієї категорії допустимі перерви в електропостачанні на час, необхідний для вилучення резервного живлення діями чергового персоналу або виїзної оперативної бригади.

Живлення таких електроприймачів, як правило, слід забезпечувати від однотрансформаторних підстанцій за умов організації централізованого резерву трансформаторів.

Електроприймачі 3-ї категорії можуть отримувати живлення від одного джерела. В такому випадку допускаються перерви в електропостачанні на час, необхідний для подачі тимчасового живлення, ремонту або заміни пошкоджених елементів, але не більше, ніж на одну добу.

2. Забезпечення норм якості електричної енергії

Норми якості електричної енергії повинні задовольняти вимогам міждержавного стандарту ГОСТ 13109-97, Стандарт встановлює показники та норми якості електричної енергії в мережах змінного трифазного й однофазного струму частотою 50 Гц в місцях, до яких приєднуються електричні мережі, які знаходяться у шввласності різних споживачів електричної енергії, або приймачі електричної енергії (місця загального приєднання).

Норми встановлюють два значення для кожного показника - нормально допустимі

значення, які можуть виконуватися з імовірністю 9590 і гранично допустимі значення, перевищення яких не допускається.

До основних показників якості електричної енергії належать:

- відхилення напруги би, від номінального значення ($-E5$ та 1090);
- коливання напруги би, які характеризуються розмахом зміни напруги, частотою повторення, дозою флікера;

- несинусоїдальність напруги, яка характеризується коефіцієнтом викривлення синусоїдальності кривої напруги k_u , та коефіцієнтом n-ї гармонічної складової напруги k_{un});

- несиметрія напруги, яка характеризується коефіцієнтом несиметрії за оберненою послідовністю k_{2u} (2 та 4%) та коефіцієнтом несиметрії за нульовою послідовністю k_{0u} (2 та 49%);

- відхилення частоти, Δf (± 2 Гц та ± 4 Гц).

Крім перерахованих показників нормуються тривалості провалів напруги Δt_{np} , імпульс напруги Δu_{imp} , та коефіцієнт тимчасової перенапруги $k_{пер.м}$

3. Економічність рішень, які приймаються

Основними особливостями сучасних підходів до вирішення техніко- економічних задач в умовах ринкових відносин є:

- використання системи показників та відповідних інтегральних критеріїв, які відзеркалюють комерційну та суспільну (соціально- економічну) ефективність проекту в цілому;

- зведення майбутніх витрат та прибутків до однакових умов по економічній цінності в початковий момент часу (дисконтування) в границях певного розрахункового періоду;

- необхідність врахування інфляції, невизначеності та ризиків, пов'язаних зі здійсненням проекту.

В відповідно до ГКД3340.000.002-97 "Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. Енергосистеми та електричні мережі" для техніко- економічних розрахунків можуть бути використані наступні показники: зведені витрати (для одноразових капіталовкладень), інтегральний ефект, рентабельність інвестицій, термін окупності та інші.

Зведені витрати - витрати поточного періоду (найчастіше капітальні), зведені до майбутнього періоду.

Інтегральний ефект - це різниця результатів та витрат на реалізацію техніко- організаційного заходу за розрахунковий період, зведених до одного року.

Рентабельність інвестицій - це відношення поточного річного прибутку (з урахуванням амортизаційних відрахувань та залишкової вартості) до капітальних вкладень, в результаті яких цей прибуток було отримано.

Термін окупності - це період часу, необхідний, для повного відшкодування початкових інвестицій за рахунок чистих грошових надходжень від їх використання.

4. Безпека обслуговування

Під час проектування та оперативного обслуговування та виконання робіт в діючих електроустановках повинні бути створені умови та передбачені всі необхідні заходи для виконання вимог правил безпечної експлуатації електроустановок (ДНАОП 0.00-1.21-98

"Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів").

5. Енергозбереження та екологія

Основним напрямком в галузі енергозбереження в електричних мережах є заходи зі зниження втрат потужності та електричної енергії під час її передачі, розподілу та використання. Проведення енергозберігаючої політики буде позитивно впливати на екологію навколишнього середовища.

6. Простота та наочність схем електропостачання

Схема електричної мережі повинна бути простою та наочною, що дозволяє знизити експлуатаційні витрати з забезпеченням необхідного рівня надійності.

7. Можливість безперервного подальшого розвитку та реконструкції електричних мереж без корінних змін існуючої її частини

На певному етапі функціонування електрична мережа повинна мати таку структуру, яка б забезпечувала можливість подальшого розвитку мережі без корінних змін існуючої структури.

Передача електричної енергії від шин джерел живлення до споживачів супроводжується частковою втратою активних і реактивних потужностей в лініях електропередачі і трансформаторах, а як наслідок втратою електричної енергії.

У загальному випадку втрати електричної енергії можна представити як різницю між кількістю електричної енергії, яка відпущена з шин джерел живлення, і кількістю електричної енергії, яка корисно відпущена споживачам. Ці втрати включають:

• технічні втрати електроенергії, обумовлені фізичними процесами, що відбуваються при передачі електроенергії по електричних мережах. Їх значення отримують зазвичай розрахунковим шляхом;

• втрати енергії, які обумовлені інструментальними похибками при її вимірюванні;

• втрати електроенергії на власні потреби, необхідні для роботи технологічного обладнання підстанцій і життєдіяльності обслуговуючого персоналу;

• комерційні втрати, обумовлені розкраданням електроенергії, невідповідністю показів лічильників по оплаті за електроенергію та ін.

Сума втрат (окрім комерційних) може бути описана терміном технологічні втрати.

Нормування значення втрат електроенергії слід розглядати як прийнятний (нормальний) по економічних критеріях рівень втрат, що враховує ефект від економічно виправданих заходів щодо їх зниження.

В технічній літературі та нормативних документах разом з терміном “втрати” використовується і інший термін: технологічні витрати електроенергії на її транспортування.

Втрати реактивної потужності призводять до зростання реактивної потужності в електричній мережі. Передача реактивної потужності по лініях електропередачі і трансформаторах до споживачів викликає збільшення повного струму, а, отже, збільшення втрат активної потужності. Уміння правильно розраховувати і оцінювати величини втрат потужності та електроенергії в елементах електричної мережі необхідні для вирішення задачі енергозбереження.

Втрати активної потужності на ділянці трифазної лінії з активним опором

R складають:

$$\Delta P = 3I^2 \cdot R, \quad (5.1)$$

де I – струм навантаження, А.

Цей струм обумовлюється передачею повної потужності, яка визначається:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \text{кВА}, \quad (5.2)$$

де P – активна потужність, що перетворюється в споживачів у механічну, теплову чи світлову потужність, кВт; Q – реактивна потужність, що йде на створення електромагнітних полів у електродвигунах, трансформаторах і ЛЕП, квар.

Підставляючи у формулу втрат замість струму I значення потужності з виразу:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}, \text{А}, \quad (5.3)$$

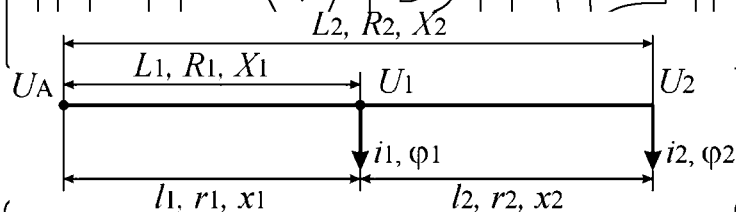
де U – лінійна напруга, одержуємо:

$$\Delta P = 3 \left(\frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} \right)^2 \cdot R = \frac{S^2}{U^2} \cdot R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R, \text{кВт} \quad (5.4)$$

За аналогією з формулою (4.4), втрати реактивної потужності в лінії складають:

$$\Delta Q = 3 \left(\frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} \right)^2 \cdot X = \frac{S^2}{U^2} \cdot X = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot X, \text{квар}. \quad (5.5)$$

На рис. 5.1 показано розрахункову схему лінії з декількома навантаженнями і векторну діаграму напруг.



а)

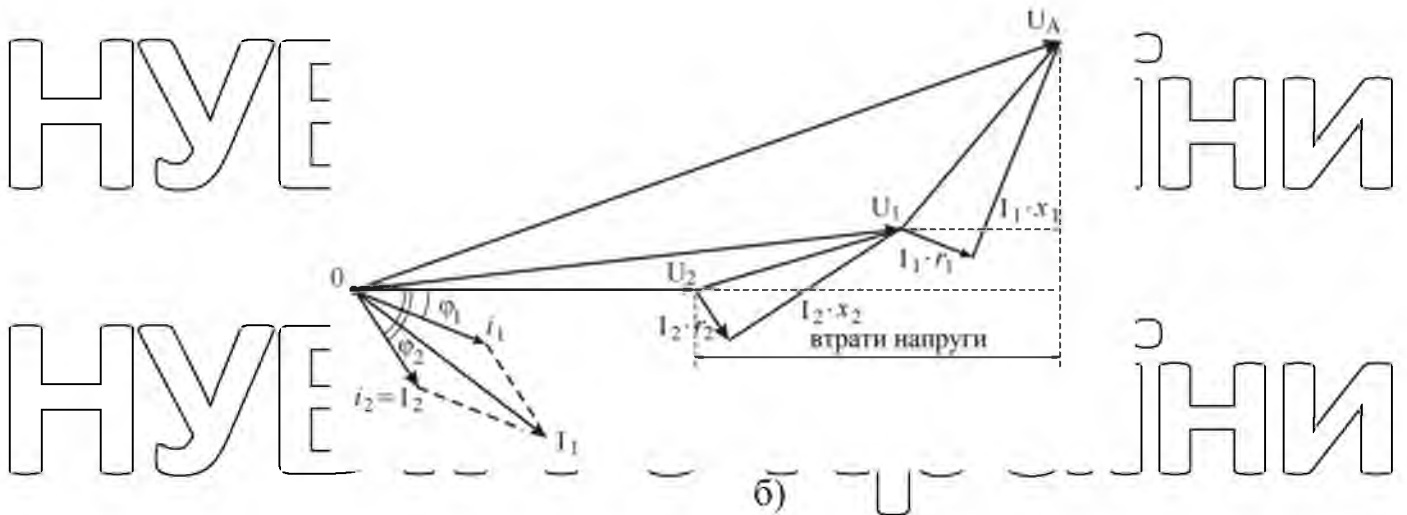


Рис. 5.1. Розрахункова схема лінії (а) і векторна діаграма напруг (б) з декількома навантаженнями.

Для практичних цілей розрахунок мереж напругою 35 кВ і нижче з декількома навантаженнями ведуть шляхом використання наближених формул, аналогічних формулам для розрахунку ліній з одним навантаженням на кінці.

Загальна величина втрати напруги буде рівна сумі величин втрат напруги по окремих ділянках мережі:

$$\Delta U_{\Sigma} = \Delta U_{11} + \Delta U_{12}, \quad (5.6)$$

При використанні у якості вихідних параметрів розрахункові значення струмів на ділянках (I_1, I_2) і параметри кожної ділянки (l_i, r_i, x_i), а також припускаючи постійність перерізу проводу по всій довжині лінії, формули для розрахунку сумарних втрат напруги матимуть вид:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \sum_1^n (I_i \cdot r_0 \cdot \cos \varphi + I_i \cdot x_0 \cdot \sin \varphi) \cdot l_i \quad (5.7)$$

де r_0, x_0 – погонні активний і реактивний опори проводу лінії, Ом/км; n – кількість ділянок лінії, до яких приєднане навантаження.

При заданні навантажень в потужностях ($P-jQ$), які протікають по ділянках лінії, формула для розрахунку втрат напруги матиме вид:

$$\Delta U = \sum_1^n \frac{P_i \cdot r_0 + Q_i \cdot x_0}{U_i} \quad (5.8)$$

1. За приклад беремо електричну мережу з двома ділянками ліній.

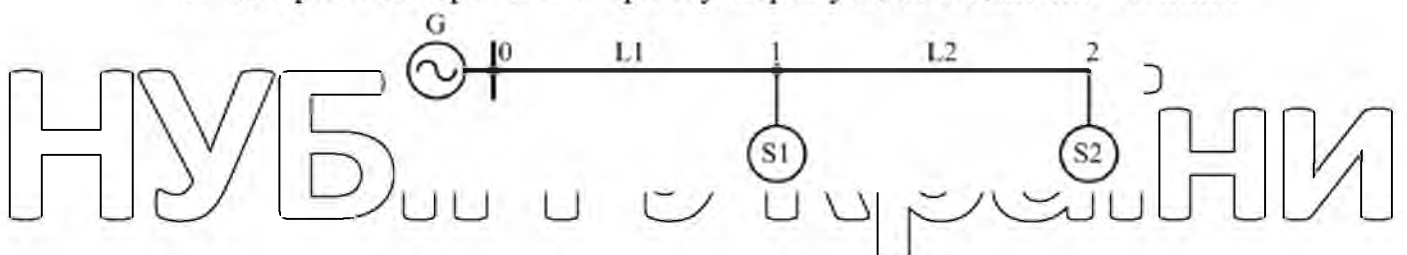


Рис. 4.2. Схема електричної мережі.

Параметри електричної мережі

| Назва параметрів | Параметри |
|--|------------|
| Напруга мережі, кВ | 10 |
| Марка проводу ділянки 0-1 довжина, км | АС-70 6 |
| Марка проводу ділянки 1-2 довжина, км | АС-70 4 |
| Навантаження S1, кВА cosφ | 400 0,8 |
| Навантаження S2, кВА cosφ | 400 0,8 |

Таблиця 4.3.

2. Проведемо вибір та розрахунок параметрів ЛЕП за схемою мережі наведеною на рис. 5.2, отримані дані заносимо до табл. 4.4.

Таблиця 5.4

Параметри схеми заміщення ЛЕП

| Ділянки мережі | Марка проводу | Довідникові параметри | | | Розрахункові параметри | |
|----------------|---------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------|
| | | l, км | r ₀ , Ом/км | x ₀ , Ом/км | r', Ом | x, Ом |
| 0-1 | АС-70 | 6 | 0,42 | 0,4 | 2,54 | 2,4 |
| 1-2 | АС-70 | 4 | 0,42 | 0,4 | 1,68 | 1,6 |

3. Проводимо розрахунок втрат потужності та напруги відповідно до вище наведених формул. Результати заносимо до табл. 5.5, у графу «розрахункові параметри».

На ділянці 1-2:

$$\Delta P_{1-2} = \frac{S_2^2}{U^2} \cdot R = \frac{400^2}{10,5^2} \cdot 1,68 \cdot 10^{-3} = 2,688 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{1-2} = \frac{S_2^2}{U^2} \cdot X = \frac{400^2}{10,5^2} \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 2,56 \text{ едвр.}$$

На ділянці 0-1:

$$\Delta P_{0-1} = \frac{(S_1 + S_2)^2}{U^2} \cdot R = \frac{(400 + 400)^2}{10,5^2} \cdot 2,52 \cdot 10^{-3} = 16,128 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{0-1} = \frac{(S_1 + S_2)^2}{U^2} \cdot X = \frac{(400 + 400)^2}{10,5^2} \cdot 2,4 \cdot 10^{-3} = 15,36 \text{ едвр.}$$

Для розрахунку втрат напруги розраховуємо активне та реактивне навантаження в кожному вузлі.

$$P_1 = \frac{S_1}{\cos\varphi} = \frac{400}{0,8} = 320 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = \sqrt{400^2 - 320^2} = 240 \text{ квар};$$

$$P_2 = \frac{S_2}{\cos\varphi} = \frac{400}{0,8} = 320 \text{ кВт};$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P_2^2} = \sqrt{400^2 - 320^2} = 240 \text{ квар};$$

$$\Delta U_{0-1} = \sum_1 \frac{(P_1 + D_1) \cdot r_{0-1} + (Q_1 + Q_2) \cdot x_{0-1}}{U_1} = 276,5 \text{ В};$$

$$\Delta U_{1-2} = \sum_1 \frac{D_2 \cdot r_{1-2} + Q_2 \cdot x_{1-2}}{U_1 + \Delta U_{0-1}} = 94,8 \text{ В}.$$

4. Проведемо моделювання в середовищі *Matlab* для особливої точки схеми. Схема заміщення мережі наведена на рис. 5.3.

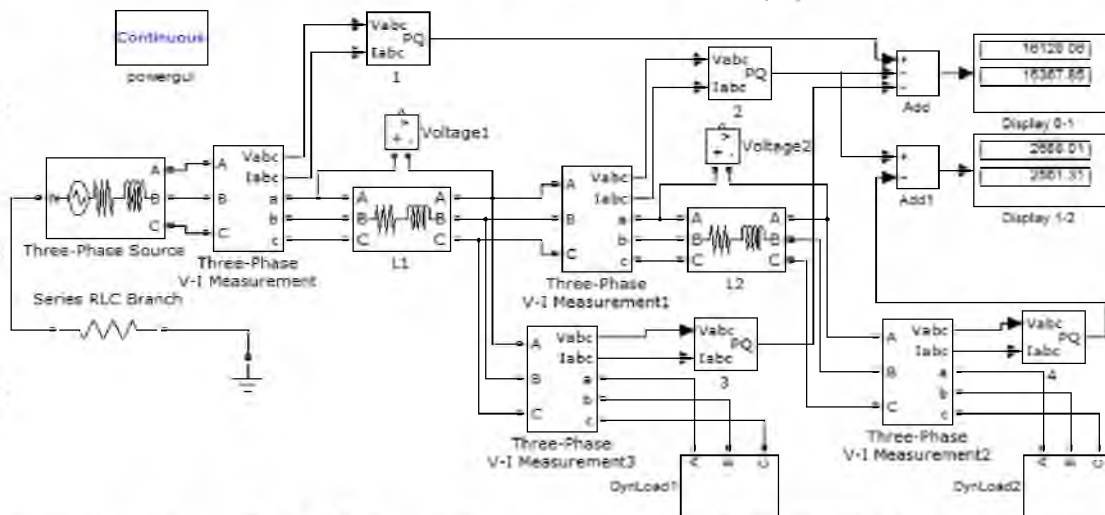


Рис. 5.3. Схема електричної мережі з вимірювальними блоками в середовищі *Matlab*.

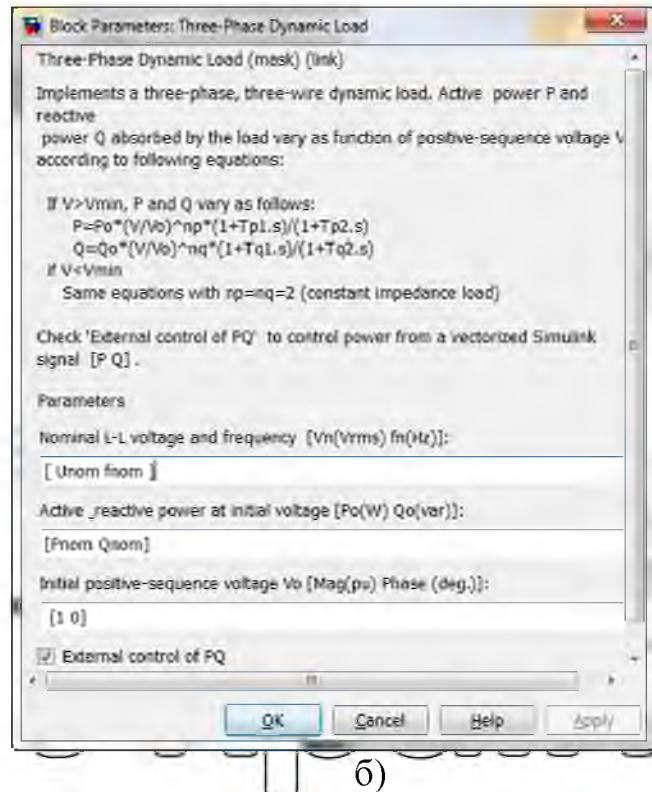
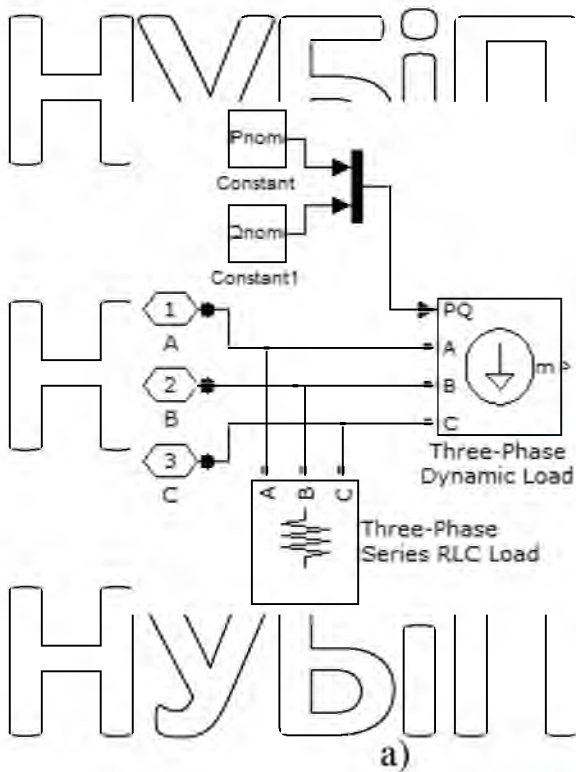


Рис. 5.4. Схема та параметри навантаження: схема навантаження (а); параметри блоку Three-Phase Dynamic Load (б).

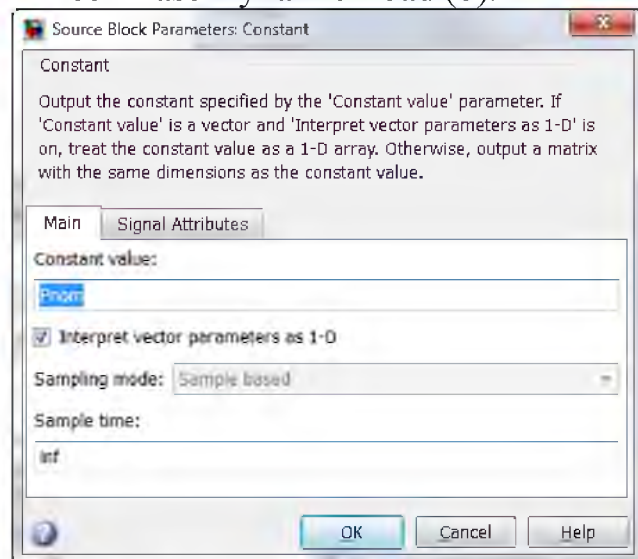


Рис. 5.5. Параметри навантаження: параметри блоку Three-Phase Series RLC Load (а); параметри блоку Constant (б).

Для моделювання системи задаємо вузол навантаження з фіксованим значенням повної потужності (рис. 5.4, а) споживача електричної енергії, яка не залежить від зміни параметрів режиму (скорочено Const). Використовується в теорії електричних мереж і систем для спрощеного розрахунку режимів роботи електричних мереж.

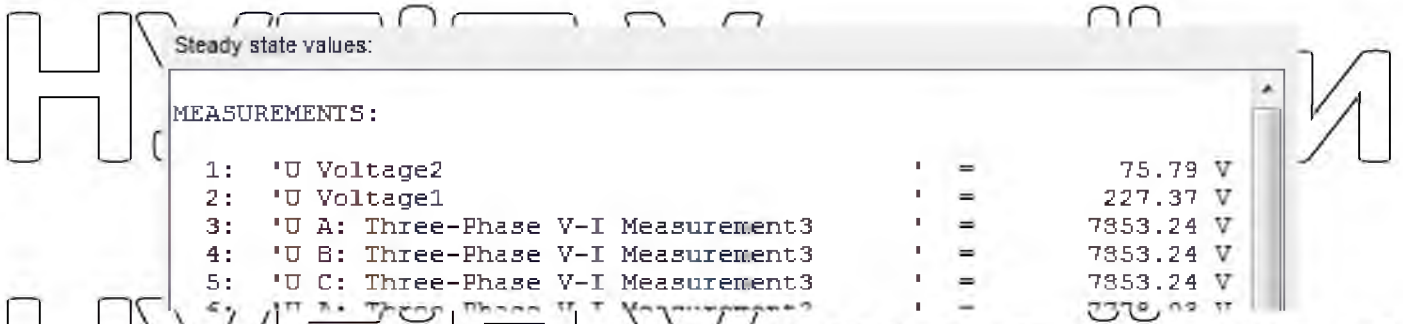


Рис. 5.6. Вимірні параметри мережі по втратах навантаження.

Результати отримані дослідним шляхом заносимо до табл. 5.5 та проводимо порівняння розрахункових і дослідних результатів.

Таблиця 5.5

Розрахункові та дослідні параметри втраг потужності та напруги

| Ділянки | 0-1 | 1-2 |
|------------------------|--------|-------|
| Розрахункові параметри | | |
| ΔP , кВт | 16,128 | 2,688 |
| ΔQ , квар | 15,36 | 2,56 |
| ΔU , В | 276,5 | 94,8 |
| Дослідні параметри | | |
| ΔP , кВт | 16,128 | 2,688 |
| ΔQ , квар | 15,367 | 2,561 |
| ΔU , В | 278,5 | 93 |

1. З довідника, виписуємо необхідні параметри: номінальну потужність $S_{(ii)}$, кВА; активні втрати в міді $\Delta P_{\text{міді}}$, кВт; напругу короткого замикання $U_{\text{кз}}$, %; активні втрати холостого ходу $\Delta P_{\text{хх}}$, кВт; струм холостого ходу $I_{\text{хх}}$, %, як показано для трансформатора марки ТДН-10000/110.

Параметри заносимо до табл. 3.13 у графу “довідникові параметри”.

2. За наведеними формулами 3.1-3.6 (залежно від марки заданого трансформатора) визначити параметри схеми заміщення. Результати занести до табл. 3.13 у графу “розрахункові параметри”.

Таблиця 3.13

Довідникові параметри схем заміщення двообмоткових трансформаторів

| Довідникові параметри | Розрахункові параметри |
|-----------------------|------------------------|
|-----------------------|------------------------|

| Марка трансформатора | ΔP_{ec} , кВт | U_{ec} , % | ΔP_{XX} , кВт | I_{XX} , % | r_T , Ом | x_T , Ом | ΔQ_{XX} , квар | G_T , м | B_T , См |
|----------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|------------|------------|------------------------|-----------|------------|
| ТДН-10000/ТТ0 | 60 | 10,5 | 14 | 0,7 | 7,95 | 139 | 70 | 1,05E-06 | 5,29E-06 |

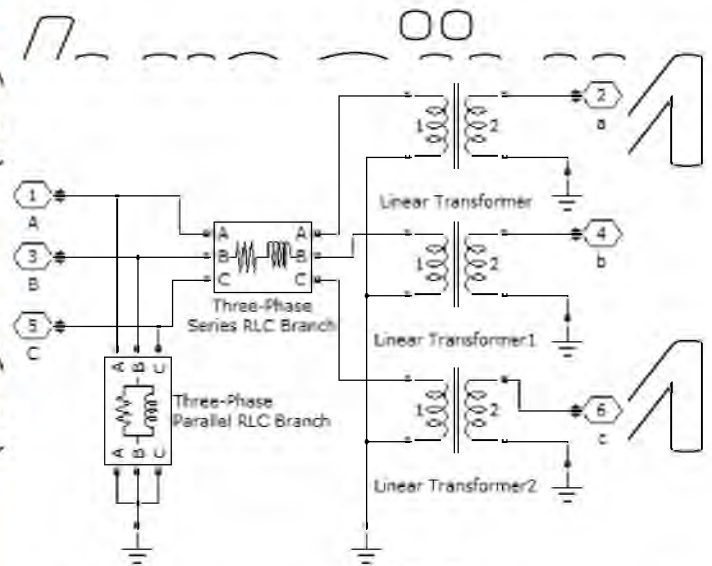
3. У програмному середовищі *Matlab* створюємо схему заміщення трансформатора для холостого ходу і короткого замикання (рис. 3.7, б і в) та задаємо у відповідному меню параметри (рис. 3.7, а).

4. Складемо схему для проведення досліду холостого ходу (рис. 3.8) та вимірємо значення первинної вторинної напруг, (рядки Voltage Measurement 1 та 2 (рис. 3.9, б) та активної і реактивної потужностей (Display2)). Заносимо отримані дані до табл. 3.14.

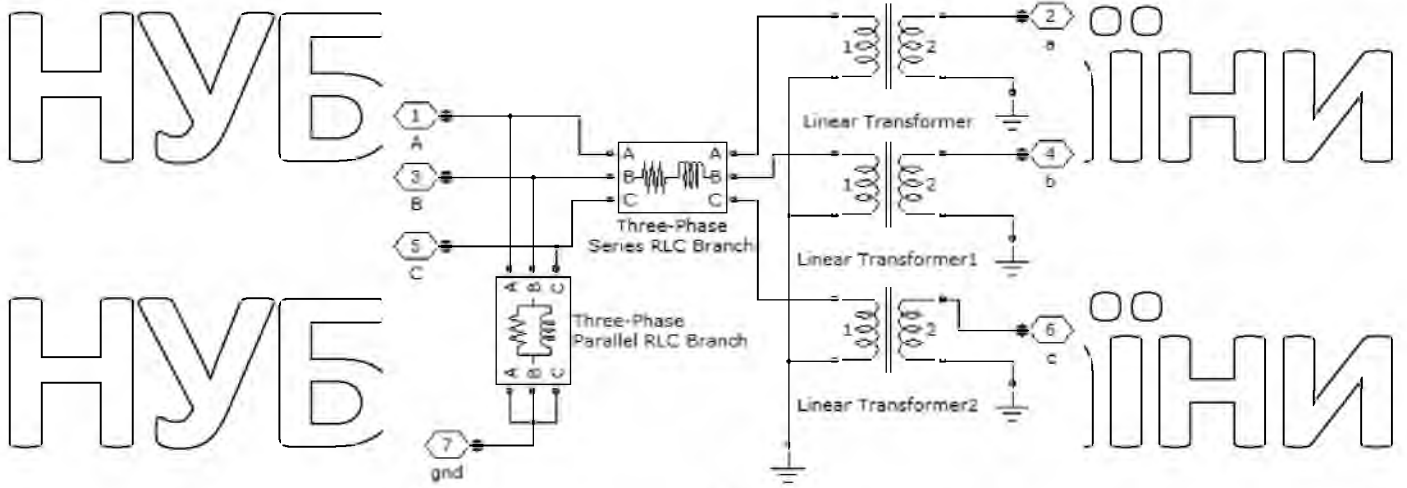
5. У середовищі *Matlab* складаємо схему короткого замикання для перевірки параметрів схем заміщення трансформатора (рис. 3.9, а). Покази приладів та необхідної інформації з блока *Powergui* заносимо до табл. 3.14.

6. Розраховуємо за наведеними нижче формулами та заносимо до табл. 3.15 опори схеми заміщення двообмоткового трансформатора за вимірними даними в математичному середовищі *Matlab*.

7. За нижче наведеними формулами використовуючи довідникові параметри, наведені в табл. 3.13 розраховуємо еквівалентні параметри для задання параметрів двообмоткового трансформатора, що входить до складу блока *SimPowerSystem*. Результати заносимо до табл. 3.16.



а)



в)

Рис. 3.7. Меню параметрів двообмоткового трансформатора (а), схема заміщення при холостому ході (б) та схема заміщення при короткому замиканні

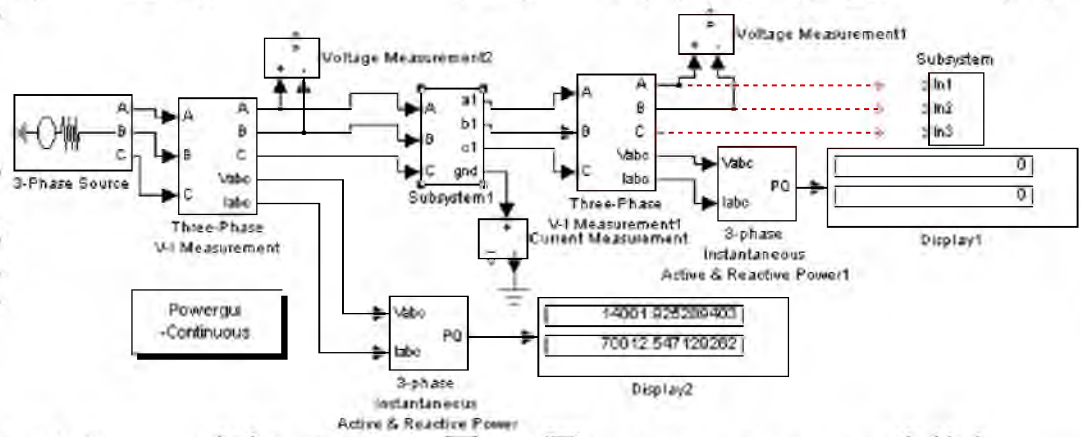
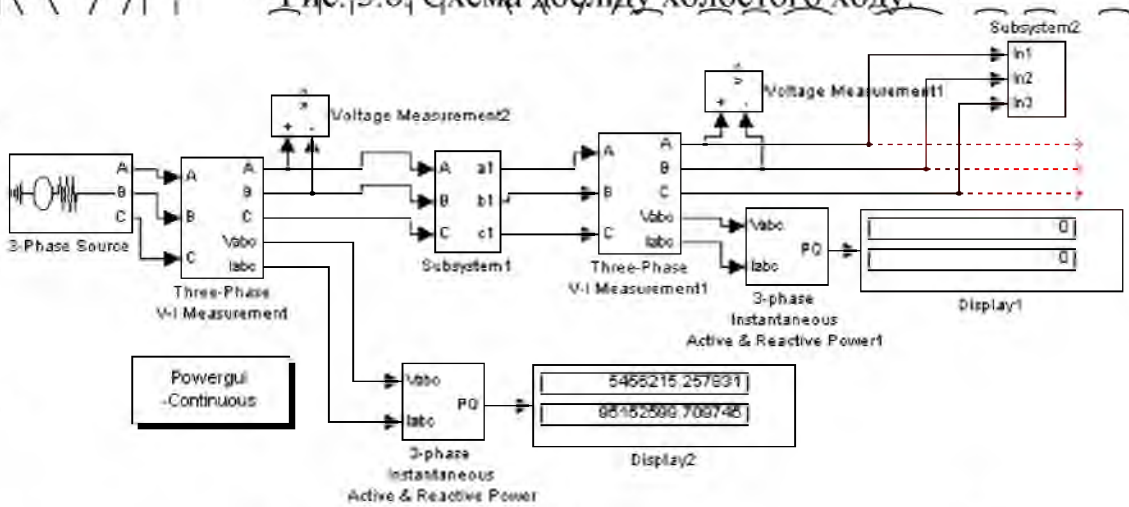


Рис. 3.8. Схема досліду холостого ходу



а)

НУБІП України

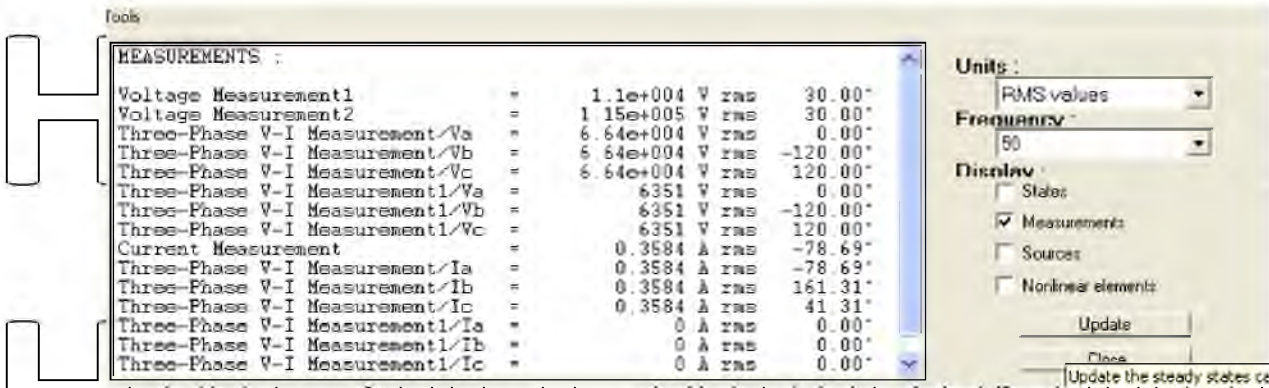


Рис. 3.9 Схема досліду короткого замикання двообмоткового трансформатора в середовищі *Matlab* (а) та вимірні дані за допомогою блока *Powergui* (б).

Таблиця 3.14
Вимірні параметри схем заміщення двообмоткових трансформаторів

| Марка трансформатора та тип моделі | U_{1xx} , кВ | U_{2xx} , кВ | I_{kz} , А | P_{kz} , кВт | Q_{kz} , квар | ΔP_{kz} , Вт | ΔQ_{kz} , вар |
|------------------------------------|----------------|----------------|--------------|----------------|-----------------|----------------------|-----------------------|
| ТДН-10000/110, власна | 115 | 11 | 478,5 | 5456215,2 | 95152600 | 14000 | 70014 |
| ТДН-10000/110, введена | 115 | 11 | 484,4 | 5435628,9 | 94936403,3 | 14070,012 | 68557,28 |

$$I_H = S_H / U_H; I_o = I_{xx} I_H / 100; S_o = U_H I_o; \cos \phi_o = P_o / S_o; Z_o = U_H / I_o;$$

$$R_o = Z_o / \cos \phi_o; X_o = Z_o / \sqrt{1 - \cos^2 \phi_o}; Z_b = U_H^2 / S_H;$$

Шукані параметри – $R_m = R_o / Z_b; L_m = X_o / Z_b.$

$$U_{kz} = \frac{u_{kz}}{100} U_H; Z_{kz} = \frac{U_{kz}}{I_{kz}}; \cos \phi_{kz} = \frac{P_{kz}}{(U_{kz} I_{kz})};$$

$$R_{kz} = Z_{kz} \cos \phi_{kz}; X_{kz} = Z_{kz} \sqrt{1 - \cos^2 \phi_{kz}};$$

Шукані параметри – $R_l = \frac{R_{kz}}{2 \cdot Z_b}; L_l = \frac{X_{kz}}{2 \cdot Z_b}.$

Таблиця 3.15
Розрахункові параметри схем заміщення двообмоткових трансформаторів

| r_T , Ом | x_T , Ом | G_T , См | B_T , См |
|------------|------------|------------|------------|
| 7,9434 | 138,527 | 1,059E-06 | 5,294E-06 |
| 7,9167 | 38,270 | 1,064E-06 | 5,184E-06 |

Таблиця 3.16

Довідникові параметри схеми заміщення двообмоткового трансформатора

| Марка трансформатора | Параметри трансформатора зі схеми | | | | | | |
|----------------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|-------------|---------|---------|
| | R_m , | L_m , | R_1 , | L_1 , | S_{iii} , | U_1 , | U_2 , |
| | в.о. | в.о. | в.о. | в.о. | MVA | В | В |
| ТДТН-10000/110 | 714,29 | 145,8 | 0,003 | 0,0324 | 10 | 115e3 | 11e3 |

9. Проводимо дослід холостого ходу та короткого замикання і заносимо отримані дані в табл. 3.14. Знаходимо опори схеми заміщення.

10. Проводимо аналогічні дослідження для триобмоткового трансформатора та заносимо дані до табл. 3.17 - 3.21.

Таблиця 3.17

Довідникові параметри схеми заміщення триобмоткового трансформатора

| Марка трансформатора | Довідникові параметри | | | | | |
|----------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------|
| | ΔP_{ex} , кВт | $u_{\text{ex}i}$, % | $u_{\text{ex}AC}$, % | $u_{\text{ex}ci}$, % | ΔP_{xx} , кВт | I_{xx} , % |
| ТДТН-10000/110 | 76 | 17 | 10,5 | 6 | 17 | 1,1 |

Таблиця 3.18

Розрахункові параметри схеми заміщення триобмоткового трансформатора

| Марка трансформатора | Розрахункові параметри | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------------------|---------------|---------------|--|
| | $r_T B$, Ом | $r_T C$, Ом | $r_T H$, Ом | $x_T B$, Ом | $x_T C$, Ом | $x_T H$, Ом | ΔC_{xx} , квар | G_T , См | B_T , См | |
| ТДТН-10000/110 | 5,026 | 5,026 | 5,026 | 142,08 | 0 | 82,50 | - | 1,285E-06 | 8,318E-06 | |

Таблиця 3.19

Довідникові параметри схеми заміщення триобмоткового трансформатора

| Марка трансформатора | R_m , | L_m , | R_1 , | L_1 , | L_2 , | L_3 , | S_{iii} , | U_1 , | U_2 , | U_3 , |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|---------|---------|---------|
| | в.о. | в.о. | в.о. | в.о. | в.о. | в.о. | MVA | кВ | кВ | кВ |
| ТДТН-10000/110 | 588,24 | 92,015 | 0,0038 | 0,1072 | 0 | 0,0620 | 10 | 115 | 37,5 | 11e3 |

Таблиця 3.20

Вимірні параметри схеми заміщення триобмоткового трансформатора

| Марка трансформатора та тип моделі | U_{1xx} , кВ | U_{2xx} , кВ | U_{3xx} , кВ | $I_{\epsilon cA\bar{N}}$, А | $P_{\epsilon cA\bar{N}}$, кВт | $Q_{\epsilon cB\bar{C}}$, квар | $I_{\epsilon cB\bar{H}}$, А | $P_{\epsilon cB\bar{H}}$, МВт | $Q_{\epsilon cB\bar{H}}$, квар | ΔP_{XX} , Вт | ΔQ_{XX} , вар |
|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------|
| ТДТН-10000/110, вбудована | 115 | 35 | 11 | 467,2 | 6,580 | 92,817 | 296,5 | 2,651 | 58,998 | 16967,97 | 108495,97 |

Таблиця 3.21

Розрахункові параметри схеми заміщення триобмоткового трансформатора

| r_{TB} , Ом | r_{TC} , Ом | r_{TH} , Ом | x_{TB} , Ом | x_{TC} , Ом | x_{TH} , Ом | G_T , См | B_T , См |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
| 5,026 | 5,026 | 5,026 | 141,74 | 0 | 81,96 | 1,283E-06 | 8,204E-06 |

НУБІП України

РОЗДІЛ 6

ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

6.1. Загальні положення з охорони праці

НУБІП України

Будівництво об'єктів поблизу діючих електроустановок має виконуватися у відповідності з правилами техніки безпеки, з дотриманням нормативних відстаней від кабелів до працюючих машин та механізмів, їх надійного заземлення та інших заходів по забезпеченню безпеки виконання робіт.

НУБІП України

У разі неможливості дотримання нормативних відстаней від працюючих механізмів до електроустановок, які перебувають під напругою, останні слід вимкнути та заземлити. Кількість, тривалість та час таких відключень мають бути зазначені у проєкті виконання робіт та погоджені з енергопостачальною організацією.

НУБІП України

Вимоги до режиму безпеки та охорони праці наступні:

НУБІП України

- Приймально-здавальні та експлуатаційні випробування виконуються у відповідності до Правил улаштування електроустановок. Експлуатацію та ремонт має здійснювати підготовлений електротехнічний персонал. Слід забезпечувати зміст електричного обладнання та мереж у роботоздатному, справному стані та його експлуатацію у відповідності з вимогами ПБЕЕ та іншими нормативно-технічними документами; дотримання та якісне проведення профілактичних робіт, ремонту, модернізації та реконструкції електрообладнання.

НУБІП України

- Забезпечення обслуговуючого персоналу захисними засобами. Обслуговуючий персонал забезпечується електрозахисними засобами згідно наказу про розподіл захисних засобів.

НУБІП України

Заходи з забезпечення електробезпеки.

Охорона праці та техніка безпеки при експлуатації забезпечуються прийняттям проектних рішень у відповідності до Правил улаштування електроустановок, Правил безпечної експлуатації електроустановок, вимоги яких враховують умови безпеки праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань, пожеж та вибухів. Виконання Правил улаштування електроустановок та Правил безпечної експлуатації електроустановок забезпечує експлуатаційного персоналу безпеку обслуговування усіх елементів електроустановок. Для забезпечення охорони праці та техніки безпеки проектом передбачено:

- використання електрообладнання та проводів матеріалів, які відповідають відповідним умовам оточуючого середовища та призначенню;
- застосування способів прокладання та способів перетину (зближення) з інженерними комунікаціями у відповідності з Правилами улаштування електроустановок;

- улаштування надійного заземлення у відповідності з нормованою по Правилам улаштування електроустановок величиною опору та відповідною вимогам СНіП 3.05.06-85;

- застосування попереджувальних плакатів;

- виконанням захисних мір електробезпеки у відповідності з ПУЕ та ДБН В. 2.5.-27-2006.

Монтажні та пуско-налагоджувальні роботи мають проводитися спеціалізованими монтажньо-налагоджувальними організаціями, які мають відповідні ліцензії на дані види робіт. Підключення, заміна, ремонт обладнання мають проводитися при вимкненій мережі живлення при дотриманні організаційних та технічних заходів у відповідності до чинних норм охорони праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань, пожеж та вибухів.

Для забезпечення охорони праці та техніки безпеки у дипломній роботі передбачено використання технічно досконалого обладнання, розміщення

обладнання в зручний спосіб для забезпечення безпечного обслуговування, виконання заземлюючих пристроїв елементів електроустановок відповідно до Правил улаштування електрообладнання, застосування типових конструкцій заводів-виробників електричного обладнання, виконання будівельно-

монтажних робіт відповідно до типових технологічних карт. Для забезпечення

охорони праці та техніки безпеки необхідно, щоб будівельно-монтажні та налагоджувальні роботи, а також експлуатація електроустановок проводилися у відповідності з діючими нормами та правилами. Проектовані кабельні лінії

6 та 0,4 кВ та силовий трансформатор споруджуються для передачі

електроенергії споживачам. Даний технологічний процес є безвідходним та не супроводжується шкідливими викидами у атмосферу. Виробничий шум та вібрація відсутні. У зв'язку з цим проведення повітряно-охоронних заходів зі

зниження виробничого шуму та вібрації не передбачаються.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

НУБІП України Під час виконання даної роботи було розроблено систему електропостачання офісно-виробничої будівлі з метою забезпечення необхідної якості комплексного електропостачання усіх електроприймачів та споживачів шляхом розробки зовнішнього електропостачання від трансформаторної підстанції у відповідності до діючих нормативних документів і стандартів.

НУБІП України Електричні навантаження на ввідних лініях до об'єктів перевірено за необхідними умовами з метою коректного вибору кабельної лінії та апаратури на вводі. Враховано коефіцієнти участі у максимумі навантажень, загальне електричне навантаження, що надає можливість правильного вибору потужностей та кількостей силових трансформаторів на підстанції.

НУБІП України Здійснено розрахунок електричних навантажень на вводі офісно-навантаження вуличного освітлення. Крім того, визначено, з урахуванням коефіцієнтів участі в максимумі навантаження, загальне електричне навантаження, за яким згодом знайдено потужність трансформаторної підстанції.

НУБІП України У зв'язку з тим, що основна частина споживачів, а також офісно-виробнича будівля містить електроприймачі II категорії надійності, то, відповідно трансформаторну підстанцію приймаємо двох трансформаторну. З урахуванням можливого коефіцієнта навантаження трансформаторів у післяаварійному режимі, електропостачання у мікрорайоні були розподілені між існуючими трансформаторними підстанціями. Використовуючи графо-аналітичну методику, було визначено найвигідніше місце розташування трансформаторної підстанції - у центрі електричних навантажень з урахуванням архітектурних міркувань та вимог пожежної безпеки, визначили дійсне місце розташування трансформаторної підстанції. Внутрішньо-

квартальні траси ліній намічаються з урахуванням обраного розташування будівель. Ці траси повинні в основному розташовуватися вздовж контурів будівель, під підхідними доріжками, по можливості, не перетинати зони озеленення, спортивні та дитячі майданчики, тощо. Будинки в безпосередній

близькості, від яких знаходиться трансформатор слід жити окремими лініями і не включати ці будівлі до магістральних схем. Розподільна мережа

низької напруги виконується за двопроменевою схемою для споживачів II категорії, яка є найбільш надійною та простою для даної забудови та радіальною схемою для споживачів III категорії. Застосування двох

паралельних магістральних ліній забезпечує надійність живлення, необхідну для споживачів II категорії разом із поєднанням секціонування шин ВРЩ 0,4 кВ будівлі.

Для електропостачання електроприймачів були обрані кабельні лінії, за відповідними розрахунками електричних навантажень ліній у нормальних та післяаварійних режимах роботи, на основі технічних обмежень, можливого нагрівання та допустимих втрат напруги, а також з урахуванням застосування мінімальних перерізів за умов механічної міцності (в умовах монтажу та експлуатації). Для прокладки в мережі наругою 0,4 і 10 кВ вибраний кабель із

пластмасовою ізоляцією. Також у роботі розглянуті питання якості напруги на електроприймачах офісно-виробничої будівлі та описані заходи з охорони праці.

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Васи́лега П. О. Електропостачання: навчальний посібник / Васи́лега П. О. – Суми, Університетська книга, 2014 – 415 с.
2. Деркач І. Л. Міські інженерні мережі: Навчальний посібник для студентів 4, 5, 6 курсів спеціальності 7.092102 – "Міське будівництво і господарство", 7.120103 "Містобування" та напрямів 1201 – "Архітектура" / Деркач І. Л. – Харків: ХНАМГ, 2006 – 97 с.
3. Дорош А. М. Організація будівельного виробництва: навчальний посібник. / Дорош А. М. – Київ, Аграрна освіта, 2011 – 255 с.
4. ДБН В. 2.5-23:2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Київ, Мінрегіонбуд України, 2010 – 167 с.
5. ДСТУ-Н Б В.1.1 -27:2010 Будівельна кліматологія. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010 – 132 с.
6. Єрмолаєв С. О. Проектування систем електропостачання в АПК. / Єрмолаєв С. О., Яковлев В. Ф., Мунтян В. О., Козирський В. В., Радько І. П., Куценко Ю. М. Мелітополь, Люкс, 2009 – 567 с.
7. Зорін В.В. Електричні мережі та системи: навчальний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів / Зорін В.В., Штогрин Є. А., Буйний Р. О. Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2011. – 248 с.
8. Каталог ЗАО "Южкабель" Кабелі силові з бумажною просоченою та платмасовою ізоляцією", Харків – 40 с.
9. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу: підручник / Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – Київ: Аграрна освіта, 2011. – 448 с.
10. Крючков І. П. Розрахунок коротких замикань та вибір електрообладнання / Крючков І. П., Неклепаєв Б. Н., Старшинов В. А. - Москва, Видавничий Центр "Академія", 2008 – 412 с.

11. Малиновський А. А. Основи електроенергетики та електропостачання. Підручник – 2-ге видання, перероблене і доповнене / Малиновський А. А., Хохулін Б. К. – Львів, Видавництво національного університету Львівська політехніка, 2009 – 436 с.

12. Методичні вказівки з вибору обмежувачів перенапруг нелінійних виробництва підприємства "Таврида Електрик" для електричних мереж 6-35 кВ. – Київ, Міністерство палива та енергетики України. Державний департамент електроенергетики, 2001.

13. Омельчук А. О. Зниження технологічних витрат електроенергії в трансформаторних підстанціях. Навчальний посібник. Видання друге, перероблене і доповнене / Омельчук А. О. – Київ, ЦН "Компринт", 2015 – 173 с.

14. Омельчук А. О. Методичні вказівки щодо виконання економічної частини дипломного проекту та магістерської роботи з проектування та реконструкції об'єктів системи електропостачання / Омельчук А. О. – Київ, ЦН "Компринт", 2015 – 22с.

15. Потапов В. О. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни "Інженерне обладнання населених місць" для студентів з спеціальності 7.070904 "Землевпорядкування та кадастр" / Потапов В. О., Макаров С. А., Бурлай В. А., Любарець О. П., Предун К. М. - Київ: Київський державний технічний університет будівництва та архітектури, 1998. - 67 с.

16. Правила улаштування електроустановок. Видання шосте, перероблене, і доповнене. 2017 р. – 736 с.

17. Притака І. П. Електропостачання сільського господарства / Притака І. П. – Київ, Вища школа, 1983 – 343 с.

18. Рудницький В. Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: навчальний посібник. - 2-ге видання перероблене та доповнене / Рудницький В. Г. – Київ: Освіта України, 2013 – 287 с.

19. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і

споруд. Основні положення проектування. ДБН А.2.2.-1-2003 [чинний від 05.12.2003] – Київ, Мінрегіон України, 2003. – 20 с. (Державні будівельні норми України).

20. Федотова Л. А. Вибір кабельних ліній, автоматичних вимикачів та запобіжників у мережі 0,4 кВ. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з курсу "Електропостачання та електрообладнання електротехнологічних установок" для студентів усіх форм навчання спеціальності 140605 "Електротехнічні установки та системи" Федотова Л. А. – Єкатеринбург, 2009.

21. Шкрабець Ф.П. Електропостачання: навчальний посібник. Міністерство освіти і науки України, Національний державний університет / Шкрабець Ф.П. – Донецьк: НГУ, 2015. – 540 с.

22. Суточные графики нагрузки жилых зданий. Школа для электрика. Режим доступа до сервера: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/1190-sutochnye-grafiki-nagruzki-zhilykh.html>

23. Тарифи на електроенергію. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП). Режим доступа до сервера: <http://www.nerc.gov.ua/?id=15012>