Форма № Н-9.02

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

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**
**Завідувач кафедри**
інженерії енергосистем
(назва кафедри)

к.т.н., доц. _____ Євген АНТИПОВ
(підпис)

„____” _____ 2026 р.

# БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **«Розроблення технічних рішень з електропостачання об’єктів індивідуальної забудови садибного типу ОК «ЕКО-ДОМА»**

Спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

02.03 – КР. 2606 "С" 2025.10.30 006 ПЗ

Гарант освітньої програми
к.т.н., доцент _____ _____ Світлана МАКАРЕВИЧ
**(науковий ступінь та вчене звання)** **(Підпис)** **(ПІБ)**

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

к.т.н., ст.викл. _____ Вікторія ЛИКТЕЙ
**(науковий ступінь та вчене звання)** **(Підпис)** **(ПІБ)**

Виконав _____ Андрій ДІДЕНКО
**(Підпис)** **(ПІБ студента)**

КИЇВ – 2026

Форма № Н-9.01

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
**Завідувач кафедри**
інженерії енергосистем
(назва кафедри)

к.т.н., доц. _____ Євген АНТИПОВ
(підпис)

„____” _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**
на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту
Діденку Андрію Юрійовичу

Спеціальність (напрям підготовки): 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"
Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Розроблення технічних рішень з електропостачання об’єктів індивідуальної забудови садибного типу ОК «ЕКО-ДОМА»
затверджена наказом ректора НУБіП України від "30" 10. 2025 р. № 2606 «С»
Термін подання завершеної роботи на кафедру "29" травня 2026 р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: Дані про максимальне прогнозоване навантаження, джерело електропостачання; ДБН В.2.5-16:2017 «Електропостачання»; Правила улаштування електроустановок.
Перелік питань, які потрібно вирішити: 1. Аналіз вихідних даних та теоретичні основи електропостачання об’єкта проектування; 2. Розроблення схеми електропостачання об’єкта; 3. Електротехнічні розрахунки та вибір обладнання; 4. Техніко-економічне обґрунтування проєкту електропостачання; 5. Охорона праці та безпека експлуатації.
Перелік графічних документів: презентація виконана в Microsoft PowerPoint – 20 слайдів

Дата видачі завдання: 30. 10. 2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

к.т.н., ст.викл. _____ Вікторія ЛИКТЕЙ
(науковий ступінь та вчене звання) (Підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____ Андрій ДІДЕНКО
(Підпис) (ПІБ студента)

# РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» виконана у Національному університеті біоресурсів і природокористування України, м. Київ, 2026 р.

Метою роботи є розроблення технічно обґрунтованих рішень щодо організації електропостачання об’єктів індивідуальної забудови садибного типу ОК «ЕКО-ДОМА» із забезпеченням необхідного рівня надійності, безпеки та якості електроенергії.

Об’єктом дослідження є система електропостачання житлової забудови, що включає мережі напругою 10 кВ та 0,4 кВ, трансформаторну підстанцію та внутрішні мережі споживачів.

Предметом дослідження є інженерні рішення, методи розрахунку та вибору обладнання для побудови ефективної системи електропостачання індивідуальної житлової забудови.

У роботі виконано аналіз вихідних даних та технічних умов приєднання, проведено розрахунок електричних навантажень для групи споживачів, обґрунтовано вибір схеми електропостачання. Розроблено рішення щодо будівництва повітряної лінії 10 кВ, трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ та розподільчих мереж 0,4 кВ. Проведено вибір провідників, електрообладнання, апаратів захисту, а також виконано розрахунки струмів короткого замикання та параметрів заземлення.

Окрему увагу приділено організації обліку електроенергії, забезпеченню якості електропостачання та заходам з охорони праці і техніки безпеки.

Кваліфікаційна робота складається з 5 розділів, висновків та списку використаних джерел.

Ключові слова: електропостачання, повітряні лінії, трансформаторна підстанція, електричні навантаження, розподільчі мережі, індивідуальна забудова.

**ЗМІСТ**


ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ 6

ВСТУП 7

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ 9

1.1. Особливості електропостачання об'єктів індивідуальної забудови садибного типу 9

1.2. Основні принципи побудови систем електропостачання напругою 10/0,4 кВ 10

1.3. Основні технічні показники системи електропостачання 11

1.4. Джерела електропостачання та схема приєднання 15

Висновки до розділу 1 16

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТА 17

2.1. Обґрунтування вибору схеми електропостачання 17

2.2. Проєктування повітряної лінії 10 кВ 22

2.3. Вибір та розрахунок трансформаторної підстанції 23

2.4. Проєктування мереж 0,4 кВ 24

2.5. Вибір провідників та перевірка за умовами навантаження 25

Висновки до розділу 2 25

РОЗДІЛ 3. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ РОЗРАХУНКИ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ 27

3.1. Розрахунок падіння напруги ПЛ-10кВ 27

3.2. ЩТП-160/10/0,4 кВ 31

3.3. Розрахунок падіння напруги в проект. ПЛІ-0,4 кВ 32

3.4. Результати розрахунку та вставки спрацьовування пристроїв релейного захисту 37

3.5.Вибір автоматичних вимикачів. 39
3.6. Розрахунок заземлення ВРП=0,4 кВ та РЩ – 0,4 кВ 41
3.7. Захист від перенапруг 43
3.8. Система загального обліку електричної енергії 44
Висновки до розділу 3 47
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ 49
4.1. Визначення класу наслідків та категорії складності об’єкта 49
4.2. Техніко-економічна характеристика проєкту 50
4.3. Розрахунок кошторисної вартості будівництва 51
4.4. Аналіз організації та тривалості будівництва 52
4.5. Оцінка впливу проєкту на навколишнє середовище 54
Висновки до розділу 4 56
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ 57
5.1. Заходи з електробезпеки 57
5.2. Охорона праці при виконанні робіт 58
5.3. Протипожежні заходи 59
Висновки до розділу 5 60
ВИСНОВКИ 61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 63
ДОДАТКИ 66

# ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЩТП — щоглова трансформаторна підстанція;

АСКОЕ — автоматизована система комерційного обліку електроенергії;

ПЛІ — повітряна лінія ізольована;

ТП — трансформаторна підстанція;

КТП — комплектна трансформаторна підстанція;

РП — розподільчий пункт;

ВРУ — ввідно-розподільчий пристрій;

ЛЕП — лінія електропередачі;

ПЛ — повітряна лінія;

КЛ — кабельна лінія;

ЗЗ — заземлювальний пристрій;

ПЗВ — пристрій захисного вимкнення;

АВ — автоматичний вимикач;

N — нульовий робочий провідник;

PE — захисний провідник;

PEN — суміщений нульовий і захисний провідник.

# ВСТУП

Сучасний розвиток житлової індивідуальної забудови супроводжується зростанням вимог до надійності та якості електропостачання. Особливо актуальним це є для котеджних містечок та садибних об’єктів, де електрична енергія використовується не лише для побутових потреб, але й для забезпечення роботи інженерних систем, систем опалення, кондиціювання та водопостачання.

Проєктування систем електропостачання таких об’єктів потребує комплексного підходу, що включає аналіз навантажень, вибір оптимальної схеми живлення, визначення параметрів електричних мереж та обладнання, а також забезпечення відповідності нормативним вимогам. Важливим аспектом є також забезпечення економічної доцільності прийнятих технічних рішень та їх відповідність сучасним стандартам енергоефективності.

Особливості електропостачання об’єктів садибного типу полягають у розосередженому характері навантаження, необхідності прокладання протяжних мереж та організації індивідуального обліку електроенергії для кожного споживача. Це обумовлює підвищені вимоги до вибору обладнання, захисних пристроїв та систем заземлення.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю розроблення ефективних технічних рішень для електропостачання об’єктів індивідуальної забудови, що забезпечують надійність, безпеку експлуатації та відповідність сучасним нормативним документам.

Метою роботи є розроблення технічних рішень з електропостачання об’єктів індивідуальної забудови садибного типу ОК «ЕКО-ДОМА».

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:
– проаналізувати вихідні дані та технічні умови приєднання;
– визначити розрахункові електричні навантаження;
– обґрунтувати схему електропостачання об’єкта;
– виконати проєктування мереж 10 кВ та 0,4 кВ;
– здійснити вибір трансформаторної підстанції та електрообладнання;

– провести електротехнічні розрахунки режимів роботи мережі;
– розробити заходи з захисту, заземлення та безпеки;
– забезпечити організацію обліку електроенергії.

Об’єктом дослідження є система електропостачання житлової забудови ОК «ЕКО-ДОМА».

Предметом дослідження є технічні рішення та методи проєктування електричних мереж для забезпечення надійного електропостачання споживачів.

Практична цінність роботи полягає у можливості застосування отриманих результатів при проєктуванні аналогічних об’єктів індивідуальної житлової забудови.

# РОЗДІЛ 1
# АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

## 1.1. Особливості електропостачання об'єктів індивідуальної забудови садибного типу

Системи електропостачання об'єктів індивідуальної житлової забудови садибного типу мають низку характерних особливостей, що відрізняють їх від електропостачання багатоквартирних житлових будинків та промислових споживачів. Основною особливістю є відносно невелика потужність окремих споживачів при значній їх кількості та територіальній розосередженості. Це обумовлює необхідність побудови розгалужених розподільчих мереж низької напруги та використання повітряних ліній електропередачі як найбільш економічно доцільного рішення.

Згідно з положеннями сучасних нормативних документів і наукових праць у галузі електропостачання (зокрема підручників з електропостачання населених пунктів), житлові будинки садибного типу характеризуються нерівномірним графіком навантаження з вираженими піковими значеннями у вечірні години. Такий характер споживання обумовлює необхідність врахування коефіцієнтів одночасності та використання потужності при розрахунках електричних навантажень.

Ще однією важливою особливістю є віднесення таких споживачів переважно до III категорії надійності електропостачання. Це означає, що допускається перерва в електропостачанні на час ліквідації аварії, що значно спрощує схему електропостачання та знижує капітальні витрати на її реалізацію.

Також для таких об'єктів характерним є широке використання однофазних та трифазних побутових електроприймачів: систем опалення, кондиціювання, насосного обладнання, кухонної техніки тощо. Це призводить до необхідності балансування фаз і контролю якості електроенергії в мережах 0,4 кВ.

Важливим аспектом є організація комерційного обліку електроенергії, який, як правило, виконується на межі балансової належності – на опорах повітряних ліній або у вводно-розподільчих пристроях. Такий підхід забезпечує прозорість розрахунків між оператором системи розподілу та споживачем.

## 1.2. Основні принципи побудови систем електропостачання напругою 10/0,4 кВ

Системи електропостачання напругою 10/0,4 кВ є основною ланкою розподільчих електричних мереж, що забезпечують передачу електричної енергії від підстанцій середньої напруги до кінцевих споживачів. Побудова таких систем базується на принципах надійності, економічності, безпеки та якості електроенергії.

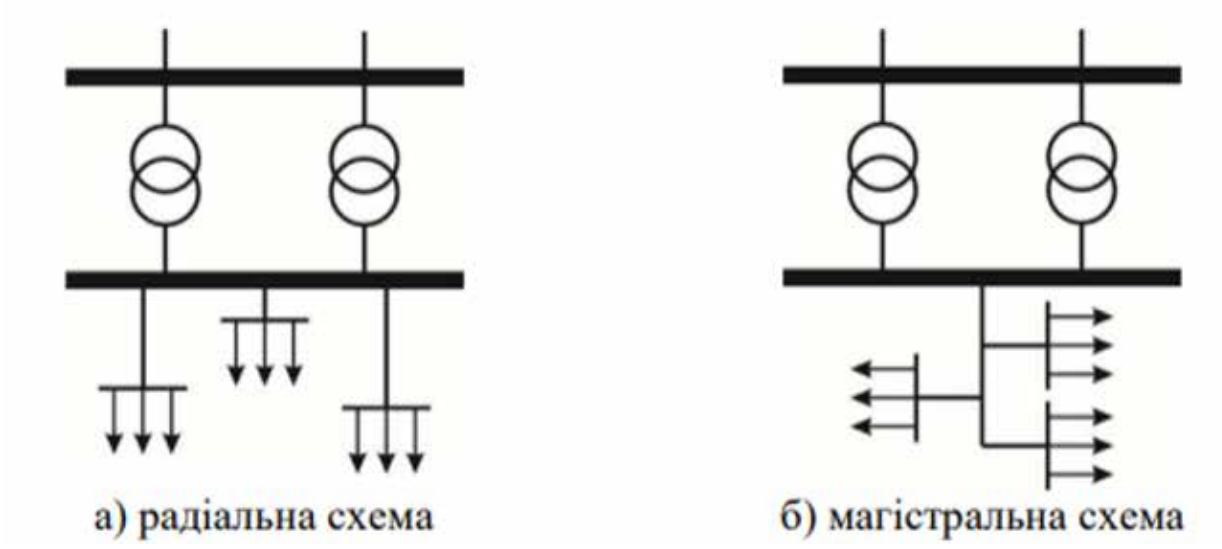



Рис. 1.1. Схеми живлення споживачів від головної понижуючої підстанції

Електропостачання об’єктів індивідуальної забудови, як правило, здійснюється від трансформаторних підстанцій типу 10/0,4 кВ, які отримують живлення від повітряних або кабельних ліній напругою 10 кВ. Трансформаторна підстанція виконує функцію пониження напруги до рівня, придатного для живлення побутових споживачів.

Згідно з класичними підходами, викладеними у навчальній та науковій літературі з електропостачання, вибір схеми мережі 10 кВ (радіальна, кільцева або змішана) визначається категорією надійності споживачів, протяжністю мережі та економічними показниками. Для споживачів III категорії найчастіше застосовується радіальна схема, яка є найпростішою та найдешевшою в реалізації.

Мережі 0,4 кВ виконуються переважно повітряними ізольованими проводами (типу СІП або AsXSn), що забезпечує підвищену надійність, зниження втрат електроенергії та безпеку експлуатації. Використання ізольованих проводів дозволяє зменшити відстані між фазами, знизити ймовірність коротких замикань та підвищити стійкість до атмосферних впливів.

Особлива увага при проектуванні приділяється захисту мережі від перенапруг та коротких замикань. Для цього застосовуються розрядники, автоматичні вимикачі, запобіжники, а також системи заземлення, які забезпечують безпечну експлуатацію електроустановок.

Крім того, сучасні системи електропостачання передбачають можливість інтеграції автоматизованих систем обліку електроенергії (АСКОЕ), що дозволяє здійснювати дистанційний контроль та управління споживанням електроенергії.

### 1.3. Основні технічні показники системи електропостачання

Проєктування електропостачання індивідуальної забудови садибного типу ОК «ЕКО-ДОМА» за адресою: Київська область, Васильківський район, Рославичівська с/р ґрунтується на розрахунковій та по опорній схемах ЛЕП-10 кВ Л-19 Бугаївка ПС 35/10кВ «Рославичі».

Основними технічними показниками (детальніше в Таблиця 1.1.) об’єкту є розрахункова потужність становить 145 кВт, категорія надійності електропостачання – III, напруга мережі – 10/0,4 кВ, коефіцієнт потужності – 0,92. Передбачається будівництво ПЛЗ-10 кВ довжиною 1418 м із встановленням 41 опори. Також передбачається встановлення ЩТП-160/10/0,4 кВ з трансформатором

потужністю 160 кВА, обладнаної необхідним комутаційним та захисним обладнанням.

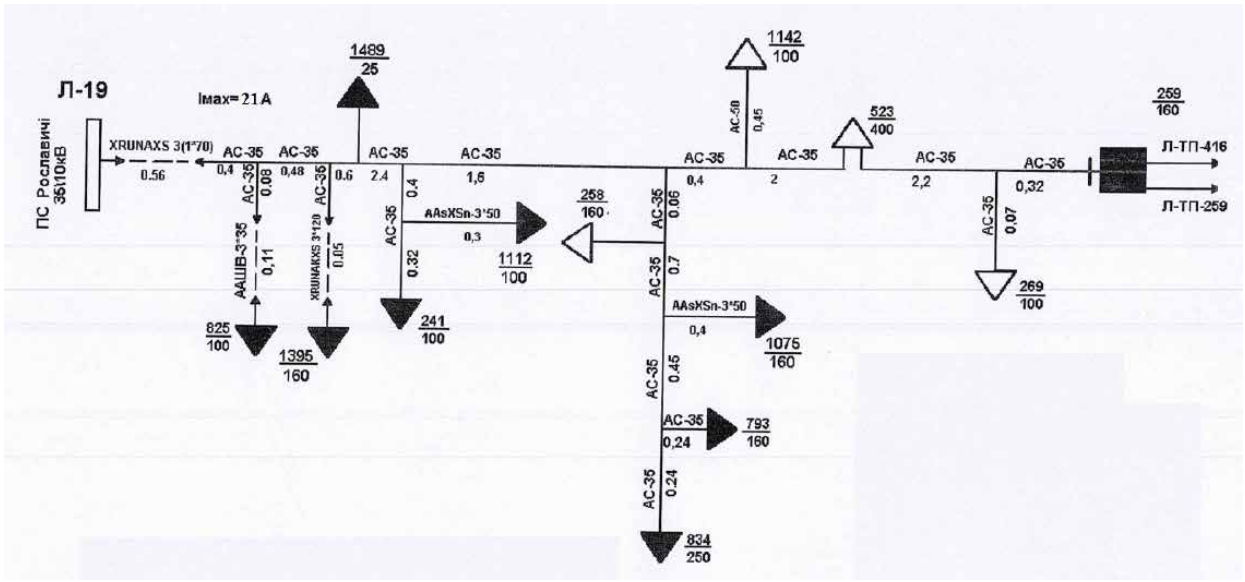



Рис. 1.2. Розрахункова схема ЛЕП-10кВ Л-19 «Бугаївка» від ПС Ростиславичі 35/10 кВ.

Повітряні лінії ПЛІ-0,4 кВ виконуються за трьома напрямками: Л-1 – 132 м, Л-2 – 202 м, Л-3 – 292 м + 29 м. Мережі замовника включають кабельну лінію КЛ-0,4 кВ загальною довжиною 464 м та 29 приєднань.

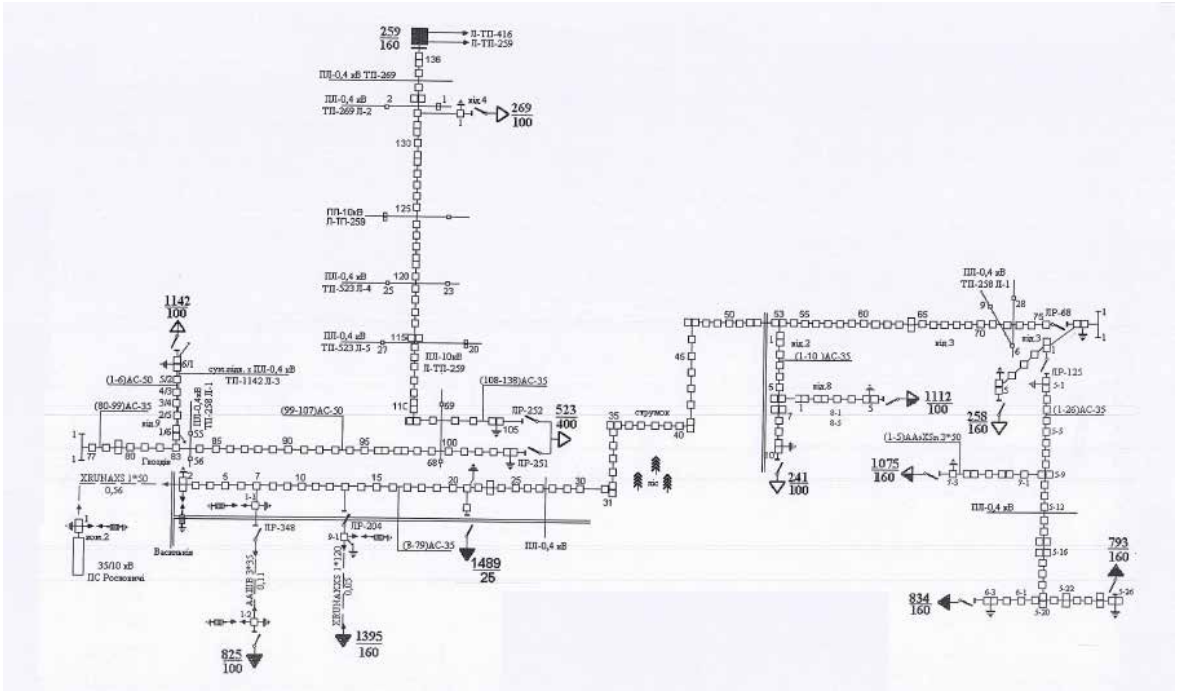



Рис. 1.2. Поопорна схема ЛЕП-10кВ Л-19 «Бугаївка» від ПС Ростиславичі 35/10 кВ

*Таблиця 1.1.*

**Основні технічні показники об'єкту**

| Назва показників | Кількість |
|---|---|
| Розрахункова потужність (в т.ч.існуюча) | 145,0 кВт (0 кВт) |
| Категорія надійності електропостачання | 145 кВт - III кат. |
| Напруга мережі | 10/0,4 кВ |
| Коефіцієнт потужності | 0,92 |
| Мережі ОСР | |
| ПЛЗ-10 кВ | |
| Довжина траси ПЛЗ-10 кВ проводом марки 3хААsXSn 1х50,м | 1418 |
| Встановлення опор ПЛЗ-10 кВ, | 41 |
| - тристоякових на базі стійки СВ105-5, шт. | 4 |
| - двостоякових на базі стійки СВ105-5, шт. | 8 |
| - двостоякових на базі стійки СК105-5, шт. | 3 |
| - одностоякових на базі стійки СВ105-5, шт. | 25 |
| - підкос до існ. стійки СВ105-5, шт. | 1 |
| Улаштування заземлення опор 10 кВ, шт. | 41 |
| Улаштування РВО-10 У1, шт. | 3 |
| Улаштування роз'єднувача РЛНДз 10/400У1, шт. | 1 |
| ЩТП-160/10/0,4 кВ | |
| Встановлення залізобетонних опор типу СК105-5, шт | 1 |
| Встановлення конструкцій під силовий трансформатор, ккомплект | 1 |
| Встановлення додаткового обладнання: | |
| -установка розрядників РВО-10 У1, шт | 3 |
| -установка роз'єднувача РЛНДз-10/400 У1 у комплекті з приводом, шт | 1 |
| Влаштування системи загального балансового обліку в РУ-0,4 кВ | |
| -вимикач автоматичний типу ВА 47-29 3р, Іном=6 А.шт | 1 |
| -монтаж лічильника NIK 2303L АРК1Т 1080 МСЕ,шт | 1 |
| -встановлення трансформаторів струму Т-0,66-250/5,шт | 3 |
| -встановлення контролера збору даних, шт | 1 |
| Встановлення додаткового обладнання в РУ 0,4 кВ | |
| -вимикач автоматичний типу ВА 59-35 3р, Іном=250 А, шт | 1 |

*Продовження таблиці 1.1.*

| | |
|---|---|
| -вимикач автоматичний типу ВА 59-35 3р, Іном=160 А, шт | 2 |
| -вимикач автоматичний типу ВА 59-35 3р, Іном=125 А, шт | 1 |
| -рубильник ВР-32-35, Іном=250 А,шт | 1 |
| -запобіжники ПН-2, Іном=250А, шт | 3 |
| Влаштування контуру заземлення ЩТП-160/10/0,4 кВ | 1 |
| ПЛІ-0,4 кВ Л-1 | |
| Довжина траси ПЛІ-0,4кВ проводом марки AsXSn 4х50,м | 132 |
| Встановлення опор ПЛІ-0,4 кВ | 5 |
| - одностякових на базі стійки СВ95-2, шт. | 2 |
| - двостякових на базі стійки СВ95-2, шт. | 3 |
| Установка додаткового обладнання на опорах ПЛІ-0,4 кВ | |
| - Обмежувач перенапруг TTD151F Protect 50 (3 шт) | 2 |
| - Ізольований адаптер TTD-2-CC (4 шт) | 2 |
| Улаштування спусків до щита обліку замовника проводом марки AsXSn 4х16, шт | 6 |
| Улаштування щита обліку КДЕ-У на конструкції опори, шт | 6 |
| Влаштування контуру заземлення ПЛІ-0,4 кВ | 3 |
| ПЛІ-0,4 кВ Л-2 | |
| Довжина траси ПЛІ-0,4кВ проводом марки AsXSn 4х70,м | 202 |
| Встановлення опор ПЛІ-0,4 кВ | 12 |
| - одностякових на базі стійки СВ95-2, шт. | 2 |
| - двостякових на базі стійки СВ95-2, шт. | 2 |
| Установка додаткового обладнання на опорах ПЛІ-0,4 кВ | |
| - Обмежувач перенапруг TTD151F Protect 50 (3 шт) | 2 |
| - Ізольований адаптер TTD-2-CC (4 шт) | 2 |
| Улаштування спусків до щита обліку замовника проводом марки AsXSn 4х16, шт | 12 |
| Улаштування щита обліку на конструкції опори, шт | 12 |
| Влаштування контуру заземлення ПЛІ-0,4 кВ | 2 |
| ПЛІ-0,4 кВ Л-3 | |
| Довжина траси ПЛІ-0,4кВ проводом марки AsXSn 4х95,м | 292 |
| Довжина траси ПЛІ-0,4кВ проводом марки AsXSn 4х35,м | 29 |
| Встановлення опор ПЛІ-0,4 кВ | 12 |
| - двостякових на базі стійки СК105-5, шт. | 1 |

*Продовження таблиці 1.1.*

| | |
|---|---|
| - одностоякових на базі стійки СВ95-2, шт. | 7 |
| - двостоякових на базі стійки СВ95-2, шт. | 3 |
| Установка додаткового обладнання на опорах ПЛІ-0,4 кВ | |
| - Обмежувач перенапруг TTD151F Protect 50 (3 шт) | 2 |
| - Ізольований адаптер TTD-2-CC (4 шт) | 2 |
| Улаштування спусків до щита обліку замовника проводом марки AsXSn 4х16, шт | 11 |
| Улаштування щита обліку на конструкції опори, шт | 11 |
| Влаштування контуру заземлення ПЛІ-0,4 кВ | 6 |
| Мережі ОК "ЕКО-ДОМА" | |
| Будівництво КЛ-0,4 кВ кабелем марки ВВГ 4х10,м | 464 |
| Улаштування шафи металевої на опорі ВРП-0,4 кВ, комлект | 29 |
| Улаштування розподільчого щита житлового будинку ЩРН П 36 | 29 |
| Улаштування контуру заземлення ВРП-0,4 кВ, РЩ-0,4 кВ | 58 |

### 1.4. Джерела електропостачання та схема приєднання

Джерелом електропостачання об’єкта є підстанція 35/10 кВ «Рославичі» з підключенням від повітряної лінії 10 кВ Л-19 «Бугаївка». Живлення споживачів передбачається здійснювати із забезпеченням необхідного рівня надійності та якості електропостачання. Схема електропостачання забезпечуватиме можливість подальшої експлуатації мережі з урахуванням перспективного навантаження та вимог чинних нормативних документів.

У межах мереж оператора системи розподілу передбачено будівництво повітряної лінії із захищеними проводами ПЛЗ-10 кВ для передачі електроенергії до трансформаторної підстанції. Також передбачається монтаж комплектної щоглової трансформаторної підстанції ЩТП-160/10/0,4 кВ, яка забезпечуватиме пониження напруги з 10 кВ до 0,4 кВ для живлення споживачів. Для розподілу електроенергії між окремими об’єктами заплановано будівництво повітряних ліній ізольованими проводами ПЛІ-0,4 кВ.

Крім того, передбачено облаштування спусків по опорах та встановлення шаф обліку електричної енергії з лічильниками на межі земельних ділянок замовника. Таке рішення забезпечує можливість зручного доступу до вузлів обліку для проведення контролю, технічного обслуговування та зняття показників відповідно до вимог оператора системи розподілу.

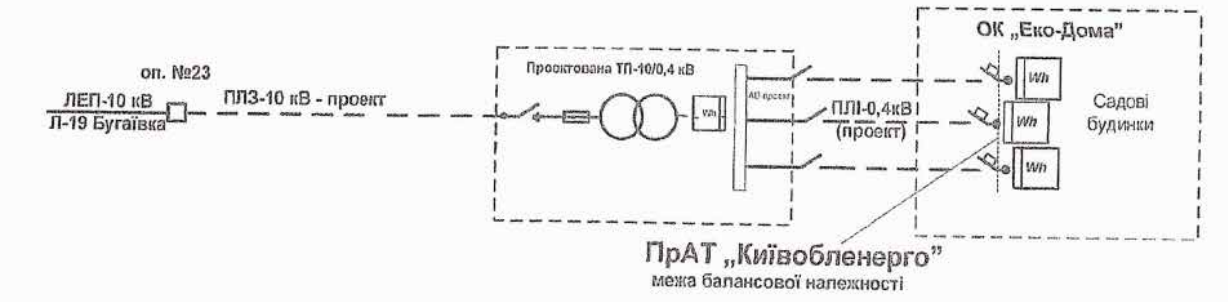



Рис.1.3. Технічна характеристика ділянки електричної мережі

У межах мереж ОК «ЕКО-ДОМА» передбачається спорудження кабельних ліній КЛ-0,4 кВ від шаф обліку до розподільчих щитів житлових будинків. Також передбачено облаштування ввідно-розподільчих пристроїв ВРП-0,4 кВ та розподільчих щитів РЩ-0,4 кВ осель, що забезпечить надійний розподіл електричної енергії між внутрішніми електроспоживачами та безпечну експлуатацію електроустановок житлових будинків.

**Висновки до розділу 1**

У першому розділі розглянуто теоретичні основи електропостачання об’єктів індивідуальної забудови та виконано аналіз вихідних даних для проектування системи електропостачання ОК «ЕКО-ДОМА». Визначено характерні особливості даного типу споживачів і обґрунтовано їх віднесення до ІІІ категорії надійності. Проаналізовано принципи побудови розподільчих мереж напругою 10/0,4 кВ та обґрунтовано вибір раціональної схеми електропостачання. Встановлено основні технічні показники об’єкта та визначено джерело живлення і схему приєднання. Отримані результати є основою для подальшого виконання розрахунків і вибору обладнання в наступних розділах роботи.

# РОЗДІЛ 2
# РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТА

## 2.1. Обґрунтування вибору схеми електропостачання

Відповідно до технічних умов № КСР-00-18-0171 передбачається приєднання забудови садибного типу загальною потужністю 145 кВт. До електричних мереж приєднуються 29 земельних ділянок із садовими будинками.

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-23:2010 житлові будинки на території садівничих товариств відносяться до ІІІ категорії надійності електропостачання. У зв'язку з цим проектоване електропостачання також приймається за ІІІ категорією.

Схема електропостачання передбачає:

- будівництво ПЛЗ-10 кВ від існуючої ЛЕП-10 кВ Л-19 «Бугаївка»;
- встановлення щоглової трансформаторної підстанції ЩТП-160/10/0,4 кВ;
- будівництво трьох відгалужень ПЛІ-0,4 кВ для живлення споживачів;
- виконання обліку електроенергії та системи захисту мереж.

Обчислимо навантаження одного садового будинку та результати занесемо у таблицю 2.1. Обчислення провадиться для мешканців І-го типу, V рівня електрифікації у будиночках на садових ділянках товариств з однотипним характерним навантаженням.

$$P_{роз} = P_{вст} * k_{вик} * k_{од} \quad (2.1)$$

$$P_{Г1_{роз}} = 2 * 0{,}94 * 0{,}9 = 1{,}69 \text{ кВт}$$

$$P_{роз2} = 3{,}00 * 0{,}90 * 0{,}9 = 2{,}43 \text{ кВт}$$

$$P_{роз3} = 5{,}00 * 0{,}90 * 0{,}9 = 4{,}05 \text{ кВт}$$

$$P_{роз4_{тв}} = 0{,}20 * 0{,}90 * 0{,}9 = 0{,}16 \text{ кВт}$$

$$P_{роз4_{пк}} = 0{,}20 * 0{,}90 * 0{,}9 = 0{,}16 \text{ кВт}$$

$$P_{роз5_{тв}} = 0{,}20 * 0{,}90 * 0{,}9 = 0{,}16 \text{ кВт}$$

$$P_{роз5_{пк}} = 0{,}20 * 0{,}90 * 0{,}9 = 0{,}16 \text{ кВт}$$

$$P_{роз5_{пр}} = 2{,}50 * 0{,}70 * 0{,}9 = 1{,}58 \text{ кВт}$$

$$P_{роз6_{ч}} = 2{,}50 * 0{,}90 * 0{,}9 = 2{,}03 \text{ кВт}$$

$$P_{роз6_м} = 1{,}20 * 0{,}90 * 0{,}9 = 0{,}97 \text{ кВт}$$

$$P_{роз6_х} = 0{,}40 * 0{,}90 * 0{,}9 = 0{,}32 \text{ кВт}$$

$$P_{роз7_к} = 2{,}00 * 0{,}90 * 0{,}9 = 1{,}62 \text{ кВт}$$

$$P_{роз7_{ком}} = 2{,}50 * 0{,}80 * 0{,}9 = 1{,}80 \text{ кВт}$$

$$P_{роз8_с} = 1{,}50 * 0{,}90 * 0{,}9 = 1{,}22 \text{ кВт}$$

$$P_{роз8_{пм}} = 2{,}00 * 0{,}90 * 0{,}9 = 1{,}62 \text{ кВт}$$

$$P_{роз9} = 3{,}30 * 0{,}85 * 0{,}9 = 2{,}52 \text{ кВт}$$

$$Q_{роз} = P_{вст} * k_{вик} * tg(\varphi) * k_{од} \quad (2.2)$$

$$Q_{роз1} = 2{,}00 * 0{,}94 * 0{,}29 * 0{,}9 = 0{,}49 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз2} = 3{,}00 * 0{,}90 * 0{,}00 * 0{,}9 = 0{,}00 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз3} = 5{,}00 * 0{,}90 * 0{,}75 * 0{,}9 = 3{,}04 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз4_{тв}} = 0{,}20 * 0{,}90 * 0{,}48 * 0{,}9 = 0{,}08 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз4_{пк}} = 0{,}20 * 0{,}90 * 0{,}48 * 0{,}9 = 0{,}08 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз5_{тв}} = 0{,}20 * 0{,}90 * 0{,}48 * 0{,}9 = 0{,}08 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз5_{пк}} = 0{,}20 * 0{,}90 * 0{,}48 * 0{,}9 = 0{,}08 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз5_{пр}} = 2{,}50 * 0{,}70 * 0{,}33 * 0{,}9 = 0{,}52 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз6_ч} = 2{,}50 * 0{,}90 * 0{,}29 * 0{,}9 = 0{,}59 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз6_м} = 1{,}20 * 0{,}90 * 0{,}29 * 0{,}9 = 0{,}97 * 0{,}29 = 0{,}28 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз6_х} = 0{,}40 * 0{,}90 * 0{,}62 * 0{,}9 = 0{,}32 * 0{,}62 = 0{,}20 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз7_к} = 2{,}00 * 0{,}90 * 0{,}29 * 0{,}9 = 1{,}62 * 0{,}29 = 0{,}47 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз7_{ком}} = 2{,}50 * 0{,}80 * 0{,}65 * 0{,}9 = 1{,}80 * 0{,}65 = 1{,}16 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз8_с} = 1{,}50 * 0{,}90 * 0{,}20 * 0{,}9 = 1{,}22 * 0{,}20 = 0{,}25 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз8_{пм}} = 2{,}00 * 0{,}90 * 0{,}43 * 0{,}9 = 1{,}62 * 0{,}43 = 0{,}69 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз9} = 3{,}30 * 0{,}85 * 0{,}62 * 0{,}9 = 2{,}52 * 0{,}62 = 1{,}56 \text{ кВАр}$$

$$S_{роз} = \sqrt{(P_{роз}^2 + Q_{роз}^2)} \quad (2.3)$$

$$S_{роз1} = \sqrt{(1{,}69^2 + 0{,}49^2)} = 1{,}76 \text{ кВА}$$

$$S_{роз2} = \sqrt{2{,}43^2 + 0{,}00^2} = 2{,}43 \text{ кВА}$$

$$S_{роз3} = \sqrt{4{,}05^2 + 3{,}04^2} = 5{,}06 \text{ кВА}$$

$$S_{роз4_{тв}} = \sqrt{0{,}16^2 + 0{,}08^2} = 0{,}18 \text{ кВА}$$

$$S_{роз4_{пк}} = \sqrt{0{,}16^2 + 0{,}08^2} = 0{,}18 \text{ кВА}$$

$$S_{роз5_{тв}} = \sqrt{0{,}16^2 + 0{,}08^2} = 0{,}18 \text{ кВА}$$

$$S_{роз5_{пк}} = \sqrt{0{,}16^2 + 0{,}08^2} = 0{,}18 \text{ кВА}$$

$$S_{роз5_{пр}} = \sqrt{1{,}58^2 + 0{,}52^2} = 1{,}66 \text{ кВА}$$

$$S_{роз6_{ч}} = \sqrt{2{,}03^2 + 0{,}59^2} = 2{,}11 \text{ кВА}$$

$$S_{роз6_{м}} = \sqrt{0{,}97^2 + 0{,}28^2} = 1{,}01 \text{ кВА}$$

$$S_{роз6_{х}} = \sqrt{0{,}32^2 + 0{,}20^2} = 0{,}38 \text{ кВА}$$

$$S_{роз7_{к}} = \sqrt{1{,}62^2 + 0{,}47^2} = 1{,}69 \text{ кВА}$$

$$S_{роз7_{ком}} = \sqrt{1{,}80^2 + 1{,}16^2} = 2{,}14 \text{ кВА}$$

$$S_{роз8_{с}} = \sqrt{1{,}22^2 + 0{,}25^2} = 1{,}25 \text{ кВА}$$

$$S_{роз8_{пм}} = \sqrt{1{,}62^2 + 0{,}69^2} = 1{,}76 \text{ кВА}$$

$$S_{роз9} = \sqrt{2{,}52^2 + 1{,}56^2} = 2{,}96 \text{ кВА}$$

$$I_{роз} = \frac{P_{вст}}{U \cdot \cos\varphi} \quad (2.4)$$

$$I_{роз1} = \frac{2}{0,22 * 0,96} = 9,47\ А$$

$$I_{роз2} = \frac{3}{0,22 * 1,00} = 13,64\ А$$

$$I_{роз3} = \frac{5}{0,22 * 0,80} = 28,41\ А$$

$$I_{роз4_{тв}} = \frac{0,20}{0,22 * 0,90} = 1,01\ А$$

$$I_{роз4_{пк}} = \frac{0,20}{0,22 * 0,90} = 1,01\ А$$

$$I_{роз5_{тв}} = \frac{0,20}{0,22 * 0,90} = 1,01\ А$$

$$I_{роз5_{пк}} = \frac{0,20}{0,22 * 0,90} = 1,01\ А$$

$$I_{роз5_{пр}} = \frac{2,50}{0,22 * 0,95} = 11,96\ А$$

$$I_{роз6_{ч}} = \frac{2,50}{0,22 * 0,96} = 11,84\ А$$

$$I_{роз6_{м}} = \frac{1,20}{0,22 * 0,96} = 5,68\ А$$

$$I_{роз6_{х}} = \frac{0,40}{0,22 * 0,85} = 2,14\ А$$

$$I_{роз7_{к}} = \frac{2,00}{0,22 * 0,96} = 9,47\ А$$

$$I_{роз7_{ком}} = \frac{2,50}{0,22 * 0,84} = 13,53\ А$$

$$I_{роз8_{с}} = \frac{1,50}{0,22 * 0,98} = 6,96\ А$$

$$I_{роз8_{пм}} = \frac{2,00}{0,22 * 0,92} = 9,88\ А$$

$$I_{роз9} = \frac{3,30}{0,22 * 0,85} = 17,65\ А$$

*Таблиця 2.1*

**Прогнозоване навантаження садового будинку**

| | Найменування споживачів | | $N_{спж}$ | $P_{пит}$, кВт | $k_{вик}$ | cos ϕ | $P_{вст}$, кВт | tg ϕ | $k_{од}$ | $P_{роз}$, кВт | $Q_{роз}$, кВАр | $S_{роз}$, кВА | $I_{роз}$, А |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| РЩ-0,4 садоового будинку | Гр.1. Освітлення | | 20,00 | 0,10 | 0,94 | 0,96 | 2,00 | 0,29 | 0,9 | 1,69 | 0,49 | 1,76 | 9,47 |
| | Гр.2. Ел. духовка | | 1,00 | 3,00 | 0,90 | 1,00 | 3,00 | 0,00 | 0,9 | 2,43 | 0,00 | 2,43 | 13,64 |
| | Гр.3. Мульти-спліт система | | 1,00 | 5,00 | 0,90 | 0,80 | 5,00 | 0,75 | 0,9 | 4,05 | 3,04 | 5,06 | 28,41 |
| | Гр.4 | Телевізор | 1,00 | 0,20 | 0,90 | 0,90 | 0,20 | 0,48 | 0,9 | 0,16 | 0,08 | 0,18 | 1,01 |
| | | Комп'ютер | 1,00 | 0,20 | 0,90 | 0,90 | 0,20 | 0,48 | 0,9 | 0,16 | 0,08 | 0,18 | 1,01 |
| | Гр.5 | Телевізор | 1,00 | 0,20 | 0,90 | 0,90 | 0,20 | 0,48 | 0,9 | 0,16 | 0,08 | 0,18 | 1,01 |
| | | Комп'ютер | 1,00 | 0,20 | 0,90 | 0,90 | 0,20 | 0,48 | 0,9 | 0,16 | 0,08 | 0,18 | 1,01 |
| | | Праска | 1,00 | 2,50 | 0,70 | 0,95 | 2,50 | 0,33 | 0,9 | 1,58 | 0,52 | 1,66 | 11,96 |
| | Гр.6 | Ел. чайник | 1,00 | 2,50 | 0,90 | 0,96 | 2,50 | 0,29 | 0,9 | 2,03 | 0,59 | 2,11 | 11,84 |
| | | Мікрохвильовка | 1,00 | 1,20 | 0,90 | 0,96 | 1,20 | 0,29 | 0,9 | 0,97 | 0,28 | 1,01 | 5,68 |
| | | Холодильник | 1,00 | 0,40 | 0,90 | 0,85 | 0,40 | 0,62 | 0,9 | 0,32 | 0,20 | 0,38 | 2,14 |
| | Гр.7 | Кавоварка | 1,00 | 2,00 | 0,90 | 0,96 | 2,00 | 0,29 | 0,9 | 1,62 | 0,47 | 1,69 | 9,47 |
| | | Кухонний комбайн | 1,00 | 2,50 | 0,80 | 0,84 | 2,50 | 0,65 | 0,9 | 1,80 | 1,16 | 2,14 | 13,53 |
| | Гр.8 | Сушка для рук | 1,00 | 1,50 | 0,90 | 0,98 | 1,50 | 0,20 | 0,9 | 1,22 | 0,25 | 1,25 | 6,96 |
| | | Пральна машинка | 1,00 | 2,00 | 0,90 | 0,92 | 2,00 | 0,43 | 0,9 | 1,62 | 0,69 | 1,76 | 9,88 |
| | Гр.9 Насос | | 1,00 | 3,30 | 0,85 | 0,85 | 3,30 | 0,62 | 0,9 | 2,52 | 1,56 | 2,96 | 17,65 |
| | | Сума | | | | 0,92 | 28,7 | 0,426 | 0,9 | 22,5 | 9,574 | 25,12 | 144,67 |

Розрахунок навантаження від групи мешканців з однаковим питомим навантаженням РЖ, приведений до шин 0,4 кВ виконується згідно з формулою 1 п.3.6 ДБН В.2.5-23:2010

$$P_ж = P_{жп} \cdot N, \quad (2.5)$$

де N =29 кількість жител першого виду, V рівня електрифікації в будиночках на ділянках садівничих товариств.

$P_{жп}$=4,994 кВт- питоме навантаження одного житла, яке вибирається за таблицею 3.1 залежно від прийнятого рівня електрифікації та кількості квартир, приєднаних до даної ланки електромережі кВт/житло.

$$P_ж = 4{,}994 \cdot 29 = 144{,}83 \approx 145 \text{ кВт} \quad (2.6)$$

Отже, за розрахункову потужність приймаємо потужність 145 кВт.

## 2.2. Проєктування повітряної лінії 10 кВ

Передбачається будівництво повітряної лінії захищеного виконання ПЛЗ-10 кВ від існуючої опори №17 ЛЕП-10 кВ Л-19 «Бугаївка» до проектованої ЩТП-160/10/0,4 кВ.

У складі робіт передбачено:

- переобладнання існуючої опори №17;
- встановлення роз'єднувача РЛНДз 10/400 У1 та розрядників РВО-10 У1;
- монтаж проміжних, анкерних та кутових опор;
- влаштування відгалуження до ЩТП;
- монтаж системи заземлення.

ПЛЗ-10 кВ виконується проводом марки 3хААsXSn 1х50 загальною довжиною 1418 м.

Для забезпечення механічної міцності та надійності роботи мережі використовуються:

- тристоякові опори типу КА10-1;
- двостоякові опори типів А10-1, К10-1;
- одностоякові опори типу П10-1.




Рис. 2.1. Ситуаційний план траси прокладання ПЛЗ-10 кВ

Також передбачено повторне заземлення опор та захист лінії від атмосферних перенапруг.

### 2.3. Вибір та розрахунок трансформаторної підстанції

Для забезпечення електропостачання споживачів прийнято встановлення щоглової трансформаторної підстанції ЩТП-160/10/0,4 кВ тупикового типу.

Номінальна потужність трансформатора становить 160 кВА, що забезпечує покриття розрахункового навантаження 145 кВт із необхідним резервом.

$$S_{тр} = 160 \text{ кВА} \geq P_{роз} = 145 \text{ кВА} \qquad (2.7)$$

Підстанція комплектується:

- силовим трансформатором типу ТМГ-160/10/0,4 кВ;
- роз’єднувачем РЛНДз 10/400 У1;
- розрядниками РВО-10 У1;
- автоматичними вимикачами на вихідних лініях 0,4 кВ;
- системою комерційного обліку електроенергії.

У РУ-0,4 кВ встановлюються:

- рубильник ВР32-35;

- автоматичні вимикачі ВА59-35;
- трансформатори струму Т-0,66-250/5;
- лічильник типу NIK 2303L;
- контролер збору даних КС-02-08.

Для забезпечення електробезпеки проектуванням передбачено влаштування контуру заземлення підстанції.

### 2.4. Проєктування мереж 0,4 кВ

Розподіл електроенергії до споживачів здійснюється трьома повітряними ізольованими лініями ПЛІ-0,4 кВ:

- Л-1;
- Л-2;
- Л-3.

Лінії виконуються самонесучим ізольованим проводом AsXSn різного перерізу залежно від навантаження та довжини:

- AsXSn 4×50;
- AsXSn 4×70;
- AsXSn 4×95.

Проєктом передбачено:

- встановлення проміжних та анкерних опор;
- монтаж щитів обліку КДЕ-У;
- встановлення автоматичних вимикачів;
- монтаж лічильників електроенергії;
- встановлення пристроїв захисту від перенапруг;
- влаштування повторних заземлень.

Живлення кожного будинку здійснюється через:

- ВРП-0,4 кВ;
- кабельну лінію ВВГ 4×10;
- розподільчий щит РЩ-0,4 кВ.

Для кожного будинку прийнята розрахункова потужність 22,5 кВт.

### 2.5. Вибір провідників та перевірка за умовами навантаження

Вибір перерізів проводів виконано за умовами:

- допустимого тривалого струмового навантаження;
- механічної міцності;
- допустимих втрат напруги;
- забезпечення надійності електропостачання.

Для мережі 10 кВ прийнято провід 3хААsXSn 1×50.

Для мереж 0,4 кВ застосовано:

- AsXSn 4×50 — для лінії Л-1;
- AsXSn 4×70 — для лінії Л-2;
- AsXSn 4×95 — для лінії Л-3.

Вводи до будинків виконуються кабелем ВВГ 4×10.

Розрахунок навантаження одного будинку показав:

$$S_{роз} = 24{,}45 \text{ кВА}, I_{роз} \approx 40 \text{ А}. \quad (2.8)$$

На підставі розрахунків для вводів встановлено автоматичні вимикачі номіналом 40 А, що забезпечують захист ліній від перевантаження та коротких замикань.

Прийняті перерізи провідників забезпечують допустимі режими роботи мережі та відповідають вимогам ПУЕ і ДБН щодо надійності та безпеки електропостачання.

### Висновки до розділу 2

У результаті розроблення схеми електропостачання об’єкта було обґрунтовано вибір системи електропостачання для житлової забудови садибного типу загальною потужністю 145 кВт. Виконано розрахунок електричних навантажень споживачів, на основі якого визначено параметри повітряної лінії 10

кВ, трансформаторної підстанції ЩТП-160/10/0,4 кВ та мережі 0,4 кВ. Проведено вибір основного обладнання, провідників і захисної апаратури відповідно до вимог ПУЕ та ДБН. Запроєктовані мережі забезпечують надійне електропостачання споживачів ІІІ категорії, допустимі режими роботи та необхідний рівень електробезпеки. Прийняті технічні рішення забезпечують ефективну, безпечну та стабільну роботу системи електропостачання.

РОЗДІЛ 3

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ РОЗРАХУНКИ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

## 3.1. Розрахунок падіння напруги ПЛ-10кВ

Для оцінки режиму роботи повітряної лінії 10 кВ Л-19 «В. Бугаївка» ПС 35/10 кВ «Рославичі» виконано розрахунок втрат напруги в нормальному режимі живлення без урахування проєктного навантаження. Максимальний струм навантаження в розрахунковому режимі становить $I_{макс}$=21 А.

Розрахунок падіння напруги в лінії виконується з метою перевірки відповідності параметрів електричної мережі вимогам ПУЕ-2017 щодо допустимого відхилення напруги. Для мереж напругою 10 кВ допустиме падіння напруги не повинно перевищувати 5 % від номінального значення.

Результати розрахунку втрат напруги показують, що в існуючому режимі роботи повітряної лінії значення падіння напруги знаходяться в межах допустимих норм. Це свідчить про достатню пропускну здатність лінії Л-19 «В. Бугаївка» та відсутність необхідності її реконструкції або підсилення при підключенні проєктного навантаження.

*Таблиця 3.1*

**Розрахунок втрат напруги в повітряній лінії 10 кВ Л-19 «В. Бугаївка» ПС 35/10 кВ «Рославичі» у нормальному режимі роботи (Імакс = 21 А). Частина 1**

| Початок ділянки | Кінець ділянки | Коеф. завант. | cosφ | Встановлена потужність, кВА | Встановлена потужність, А | Сумарна потужність в кВА | Активна потужність Pi, кВт | Реактивна потужність Qi, кВар |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ПС 35/10 Рославичі | 2 | 0,2106 | 0,92 | 0 | 99,7 | 1725 | 334,6 | 142,6 |
| 2 | 7 | 0,2106 | 0,92 | 100 | 99,7 | 1725 | 334,6 | 142,6 |
| 7 | 13 | 0,2106 | 0,92 | 160 | 93,9 | 1625 | 315,2 | 134,3 |
| 13 | 17 | 0,2106 | 0,92 | 0 | 84,7 | 1465 | 284,2 | 121,1 |
| 17 | 21 | 0,2106 | 0,92 | 25 | 84,7 | 1465 | 284,2 | 121,1 |

*Продовження таблиці 3.1.*

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 53 | 0,2106 | 0,92 | 200 | 83,2 | 1440 | 279,3 | 119 |
| 53 | 76 | 0,2106 | 0,92 | 640 | 71,7 | 1240 | 240,5 | 102,5 |
| 76 | 83 | 0,2106 | 0,92 | 100 | 34,7 | 600 | 116,4 | 49,6 |
| 83 | ТП-523 | 0,2106 | 0,92 | 400 | 28,9 | 500 | 97 | 41,3 |
| ТП-523 | 132 | 0,2106 | 0,92 | 0 | 5,8 | 100 | 19,4 | 8,3 |
| 132 | ТП-269 | 0,2106 | 0,92 | 100 | 5,8 | 100 | 19,4 | 8,3 |
| Всього | | | | 1725 | | | | |

*Таблиця 3.2*

**Розрахунок втрат напруги в повітряній лінії 10 кВ Л-19 «В. Бугаївка» ПС 35/10 кВ «Рославичі» у нормальному режимі роботи (Імакс = 21 А). Частина 2**

| Початок ділянки | Кінець ділянки | Струм, А | Допустимий довготривалий струм, А | Активний опір r, Ом/км | Індуктивний опір x, Ом/км | Марка проводу/ кабелю | Довжина Li, км | Втрати по ділянкам ΔUi, % | Втрати в мережі ΔUi, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ПС 35/10 Рославичі | 2 | 21 | 194 | 0,82 | 0,16 | 3xXRUHAKXS 1x50/1 | 0,56 | 0,17 | 0,17 |
| 2 | 7 | 21 | 175 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 0,4 | 0,12 | 0,29 |
| 7 | 13 | 19,8 | 175 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 0,48 | 0,14 | 0,43 |
| 13 | 17 | 17,8 | 175 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 0,3 | 0,08 | 0,51 |
| 17 | 21 | 17,8 | 175 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 0,3 | 0,08 | 0,59 |
| 21 | 53 | 17,5 | 175 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 2,4 | 0,62 | 1,21 |
| 53 | 76 | 15,1 | 175 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 1,6 | 0,36 | 1,57 |
| 76 | 83 | 7,3 | 175 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 0,4 | 0,04 | 1,62 |
| 83 | ТП-523 | 6,1 | 175 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 2 | 0,18 | 1,8 |
| ТП-523 | 132 | 1,2 | 175 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 2,2 | 0,04 | 1,84 |
| 132 | ТП-269 | 1,2 | 175 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 0,07 | 0 | 1,84 |
| Всього | | | | | | | 10,71 | | 1,84 |

Розглядається режим роботи повітряної лінії 10 кВ Л-19 «В. Бугаївка» ПС 35/10 кВ «Рославичі» з урахуванням приєднання проєктного навантаження потужністю 145 кВА. Максимальний розрахунковий струм у даному режимі становить $I_{макс}$=30,12 А.

Розрахунок падіння напруги виконується з метою перевірки відповідності параметрів повітряної лінії вимогам якості електричної енергії та допустимих відхилень напруги відповідно до чинних нормативних документів. Для мереж напругою 10 кВ допустиме падіння напруги в нормальному режимі не повинно перевищувати 5 %.

Отримані результати дозволяють оцінити вплив додаткового навантаження на режим роботи лінії та перевірити можливість її подальшої експлуатації без реконструкції. За результатами розрахунку встановлено, що падіння напруги залишається в межах допустимих значень, що підтверджує достатню пропускну здатність повітряної лінії Л-19 «В. Бугаївка» ПС 35/10 кВ «Рославичі».

*Таблиця 3.3*

**Розрахунок падіння напруги в повітряній лінії 10 кВ Л-19 «В. Бугаївка» ПС 35/10 кВ «Рославичі» у нормальному режимі роботи з проєктним навантаженням 145 кВА (Імакс = 30,12 А). Частина 1**

| Початок ділянки | Кінець ділянки | Коеф. завант. | cosφ | Встановлена потужність, кВА | Встановлена потужність, А | Сумарна потужність в кВА | Активна потужність Pi, кВт | Реактивна потужність Qi, кВар | Струм, А |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ПС 35/10 Рославичі | 2 | 0,2106 | 0,92 | 0 | 108,8 | 1883 | 365,3 | 155,6 | 22,9 |
| 2 | 7 | 0,2106 | 0,92 | 100 | 108,8 | 1883 | 365,3 | 155,6 | 22,9 |
| 7 | 13 | 0,2106 | 0,92 | 160 | 103,1 | 1783 | 345,9 | 147,3 | 21,7 |
| 13 | 17 | 0,2106 | 0,92 | 158 | 93,8 | 1623 | 314,8 | 134,1 | 19,8 |
| 17 | 21 | 0,2106 | 0,92 | 25 | 84,7 | 1465 | 284,2 | 121,1 | 17,8 |

*Продовження таблиці 3.3*

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 53 | 0,2106 | 0,92 | 200 | 83,2 | 1440 | 279,3 | 119,0 | 17,5 |
| 53 | 76 | 0,2106 | 0,92 | 640 | 71,7 | 1240 | 240,5 | 102,5 | 15,1 |
| 76 | 83 | 0,2106 | 0,92 | 100 | 34,7 | 600 | 116,4 | 49,6 | 7,3 |
| 83 | ТП-523 | 0,2106 | 0,92 | 400 | 28,9 | 500 | 97,0 | 41,3 | 6,1 |
| ТП-523 | 132 | 0,2106 | 0,92 | 0 | 5,8 | 100 | 19,4 | 8,3 | 1,2 |
| 132 | ТП-269 | 0,2106 | 0,92 | 100 | 5,8 | 100 | 19,4 | 8,3 | 1,2 |
| | | | Всього | 1883 | | | | | |

*Таблиця 3.4*

**Розрахунок падіння напруги в повітряній лінії 10 кВ Л-19 «В. Бугаївка» ПС 35/10 кВ «Рославичі» у нормальному режимі роботи з проєктним навантаженням 145 кВА (Імакс = 30,12 А). Частина 2**

| Початок ділянки | Кінець ділянки | Допустимий довгостроковий струм, А | Активний опір r, Ом/км | Індуктивний опір x, Ом/км | Марка проводу/кабелю | Довжина Li, км | Втрати ΔUi, % | Втрати в мережі ΔUi, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ПС 35/10 Рославичі | 2 | 194,0 | 0,82 | 0,16 | 3xXRUHAKXS 1x50/16 | 0,56 | 0,18 | 0,18 |
| 2 | 7 | 175,0 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 0,40 | 0,14 | 0,32 |
| 7 | 13 | 175,0 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 0,48 | 0,15 | 0,47 |
| 13 | 17 | 175,0 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 0,30 | 0,09 | 0,56 |
| 17 | 21 | 175,0 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 0,30 | 0,08 | 0,64 |
| 21 | 53 | 175,0 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 2,40 | 0,62 | 1,26 |
| 53 | 76 | 175,0 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 1,60 | 0,36 | 1,62 |

*Продовження таблиці 3.4.*

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 76 | 83 | 175,0 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 0,40 | 0,04 | 1,67 |
| 83 | ТП-523 | 175,0 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 2,00 | 0,18 | 1,85 |
| ТП-523 | 132 | 175,0 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 2,20 | 0,04 | 1,89 |
| 132 | ТП-269 | 175,0 | 0,79 | 0,33 | АС-35 | 0,07 | 0,00 | 1,89 |
| | | | | | Разом | 10,710 | | 1,89 |

Падіння напруги до та після підключення додаткового навантаження відповідає нормованому значенню (до 5%), лінія Л-19 Бугаївка ПС 35/10 кВ Рославичі реконструкції не потребує.

### 3.2. ЩТП-160/10/0,4 кВ

Передбачається встановлення щоглової трансформаторної підстанції на базі стійки типу СК105-5 з повітряними вводами 10 кВ та повітряними виводами 0,4 кВ з трансформатором типу ТМГ потужністю 160 кВА (див. «План приєднання споживача до електричних мереж»).

*Таблиця 3.5.*

**Вибір потужності трансформатора**

| Найменування | cosϕ/ tgϕ | Розрахункове навантаження | | | Кількість та потужність трансформаторі, кВА | К |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Р, кВт | Q, кВар | S, кВА | | |
| Загальне навантаження ЩТП-10/0,4 кВ | 0.92/ 0,426 | 145,00 | 61,77 | 157,61 | 1х160 | 0,985 |

Перевірка спроможності силового трансформатора у проєктуваній ЩТП 10/0,4 кВ виконана за максимальним розрахунковим (прогнозованим)

навантаженням згідно виданих ТУ з урахуванням перевантаження спроможності трансформатора. Розрахунок наведено у таблиці 3.5.

Як бачимо з табл. 3.5, проєктований трансформатор потужністю 160 кВА, за умови максимального розрахункового навантаження 145 кВт завантажений на 98,5%, що є прийнятним та найкращим режимом роботи.

В застосуванні трансформатору більшої потужності немає необхідності.

Місце розміщення ЩТП 160/10/0,4 кВ наведено на кресленні «Траса прокладання ПЛЗ-10 кВ та ПЛІ-0,4 кВ».

### 3.3. Розрахунок падіння напруги в проект. ПЛІ-0,4 кВ

Розрахунок виконано методом послідовного визначення струмів навантаження, активної та реактивної потужності споживачів із врахуванням коефіцієнтів одночасності. Падіння напруги на кожній ділянці повітряної лінії визначено з урахуванням активного та реактивного опору проводів. Загальне падіння напруги в кінці лінії отримано шляхом сумування втрат по всіх ділянках та порівняння з допустимими значеннями для мережі 0,4 кВ.

$$P_{роз} = P_{вст} \cdot k_{од}, \quad (3.1)$$

де $P_{вст}$ — встановлена потужність (кВт), $k_{од}$ — коефіцієнт одночасності.

$$P_{1роз} = 135{,}0 \cdot 0{,}546 = 73{,}671 \text{ кВт}$$

$$P_{2роз} = 135{,}0 \cdot 0{,}546 = 73{,}671 \text{ кВт}$$

$$P_{3роз} = 135{,}0 \cdot 0{,}546 = 73{,}671 \text{ кВт}$$

$$P_{4роз} = 90{,}0 \cdot 0{,}546 = 49{,}114 \text{ кВт}$$

$$P_{5роз} = 45{,}0 \cdot 0{,}546 = 24{,}557 \text{ кВт}$$

$$S = \frac{P_{роз}}{\cos\varphi} \quad (3.2)$$

$$S_1 = \frac{73.671}{0.920} = 80.077 \text{ кВА}$$

$$S_2 = \frac{73.671}{0.920} = 80.077 \text{ кВА}$$

$$S_3 = \frac{73.671}{0.920} = 80.077 \text{ кВА}$$

$$S_4 = \frac{49.114}{0.920} = 53.385 \text{ кВА}$$

$$S_5 = \frac{24.557}{0.920} = 26.692 \text{ кВА}$$

$$\text{tg}\,\varphi = \sqrt{\frac{1}{\cos^2\varphi} - 1} \quad (3.3)$$

$$Q_{роз} = P_{роз} \cdot \text{tg}\,\varphi \quad (3.4)$$

$$Q_{роз1} = 73.671 \cdot 0.4259 = 31.377 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз2} = 73.671 \cdot 0.4259 = 31.377 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз3} = 73.671 \cdot 0.4259 = 31.377 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз4} = 49.114 \cdot 0.4259 = 20.918 \text{ кВАр}$$

$$Q_{роз5} = 24.557 \cdot 0.4259 = 10.459 \text{ кВАр}$$

$$I_{роз} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (3.5)$$

$$I_{роз1} = \frac{80.077}{1.732 \cdot 0.38} = 121.67 \text{ А}$$

$$I_{роз2} = \frac{80.077}{1.732 \cdot 0.38} = 121.67 \text{ А}$$

$$I_{роз3} = \frac{80.077}{1.732 \cdot 0.38} = 121.67 \text{ А}$$

$$I_{роз4} = \frac{53.385}{1.732 \cdot 0.38} = 81.114 \text{ А}$$

$$I_{роз5} = \frac{26.692}{1.732 \cdot 0.38} = 40.557 \text{ А}$$

$$R = r_{пит} \cdot \frac{L}{1000} \quad (3.6)$$

$$X = x_{пит} \cdot \frac{L}{1000} \quad (3.7)$$

$$\Delta U_{діл} = \sqrt{(3)} \cdot I \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi) \quad (3.8)$$

для ділянки

$$\Delta U_{діл}\% = \Delta \frac{U_{діл}}{U} \cdot 100 \quad (3.9)$$

для кінця лінії

$$\Delta U_{кінц} = \sum \Delta U_{діл} \quad (3.10)$$

$$\Delta U_{кінц}\% = \Delta \frac{U_{кінц}}{U} \cdot 100 \quad (3.11)$$

*Таблиця 3.6*

**Розрахунок падіння напруги в проект.ПЛІ-0,4 кВ Л-1. Частина 1**

| № з/п | Початок ділянки | Кінець ділянки | L, м | Марка проводу | $r_{пит}$, Ом/км | $x_{пит}$, Ом/км | $I_{доп}$, А |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ЩТП-160 кВА | оп.№1/1/1 | 15 | AsXSn 4x50 | 0.641 | 0.1 | 168.0 |
| 2 | оп.№1/1/1 | оп.№2 | 15 | AsXSn 4x50 | 0.641 | 0.1 | 168.0 |
| 3 | оп.№2 | оп.№3 | 23 | AsXSn 4x50 | 0.641 | 0.1 | 168.0 |
| 4 | оп.№3 | оп.№4 | 40 | AsXSn 4x50 | 0.641 | 0.1 | 168.0 |
| 5 | оп.№4 | оп.№5 | 39 | AsXSn 4x50 | 0.641 | 0.1 | 168.0 |

*Таблиця 3.7*

**Розрахунок падіння напруги в проект.ПЛІ-0,4 кВ Л-1. Частина 2**

| № з/п | Рвст, кВт | kод | Рроз, кВт | Іроз, А | Qроз, кВАр | dU діл, В | dU діл, % | dU кінц, В | dU кінц, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 135.0 | 0.546 | 73.671 | 121.67 | 31.377 | 1.988 | 0.523 | 1.988 | 0.523 |
| 2 | 135.0 | 0.546 | 73.671 | 121.67 | 31.377 | 1.988 | 0.523 | 3.976 | 1.046 |
| 3 | 135.0 | 0.546 | 73.671 | 121.67 | 31.377 | 3.048 | 0.802 | 7.024 | 1.848 |
| 4 | 90.0 | 0.546 | 49.114 | 81.114 | 20.918 | 3.534 | 0.93 | 10.558 | 2.778 |
| 5 | 45.0 | 0.546 | 24.557 | 40.557 | 10.459 | 1.723 | 0.453 | 12.281 | 3.232 |

Враховуючи, що втрати напруги в проект. Л-1 не перевищують допустиме значення 5%, приймаємо для будівництва ПЛІ-0,4 кВ Л-1 від ЩТП-10/0,4 кВ до оп. №5 провід марки AsXSn 4x50.

Аналогічно проведемо розрахунок падіння напруги ПЛІ-0,4 кВ Л-2 та результати занесемо в таблиці 3.8 та 3.9.

*Таблиця 3.8*

**Розрахунок падіння напруги ПЛІ-0,4 кВ Л-2. Частина 1**

| № з/п | Початок ділянки | Кінець ділянки | L, м | Марка проводу | rпит, Ом/км | xпит, Ом/км | Ідоп, А |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ЩТП-1 60 кВА | оп.№1/1/1 | 15 | AsXSn 4x70 | 0.443 | 0.1 | 213 |
| 2 | оп.№1/1/1 | оп.№2/2 | 36 | AsXSn 4x70 | 0.443 | 0.1 | 213 |
| 3 | оп.№2/2/2 | оп.№3/3 | 23 | AsXSn 4x70 | 0.443 | 0.1 | 213 |
| 4 | оп.№3/3/3 | оп.№4 | 8 | AsXSn 4x70 | 0.443 | 0.1 | 213 |
| 5 | оп.№4 | оп.№5 | 42 | AsXSn 4x70 | 0.443 | 0.1 | 213 |
| 6 | оп.№5 | оп.№6 | 38 | AsXSn 4x70 | 0.443 | 0.1 | 213 |
| 7 | оп.№6 | оп.№7 | 40 | AsXSn 4x70 | 0.443 | 0.1 | 213 |

*Таблиця 3.9*

**Розрахунок падіння напруги ПЛІ-0,4 кВ Л-2. Частина 1**

| № з/п | Рвст, кВт | kод | Рроз, кВт | Іроз, А | Qроз, кВАр | ΔU ділянки | | ΔU кінцева | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | В | % | В | % |
| 1 | 270 | 0.3486 | 94.114 | 155.432 | 40.083 | 1.804 | 0.475 | 1.804 | 0.475 |
| 2 | 225 | 0.3486 | 78.429 | 129.527 | 33.403 | 3.608 | 0.949 | 5.412 | 1.424 |
| 3 | 180 | 0.3486 | 62.743 | 103.622 | 26.722 | 1.844 | 0.485 | 7.256 | 1.909 |
| 4 | 180 | 0.3486 | 62.743 | 103.622 | 26.722 | 0.641 | 0.169 | 7.897 | 2.078 |
| 5 | 135 | 0.3486 | 47.057 | 77.716 | 20.042 | 2.526 | 0.665 | 10.423 | 2.743 |
| 6 | 90 | 0.3486 | 31.371 | 51.811 | 13.361 | 1.523 | 0.401 | 11.946 | 3.144 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 45 | 0.3486 | 15.686 | 25.905 | 6.681 | 0.802 | 0.211 | 12.748 | 3.355 |

Враховуючи, що втрати напруги в проект. Л-2 не перевищують допустиме значення 5%, приймаємо для будівництва ПЛІ-0,4 кВ Л-2 від ЩТП-10/0,4 кВ до оп. №7 провід марки AsXSn 4х70.

Аналогічно проведемо розрахунок падіння напруги ПЛІ-0,4 кВ Л-3 та результати занесемо в таблиці 3.10 та 3.11.

*Таблиця 3.10*

**Розрахунок падіння напруги ПЛІ-0,4 кВ Л-3. Частина 1**

| № з/п | Початок ділянки | Кінець ділянки | L, м | Марка проводу | rпит, Ом/км | xпит, Ом/км | Ідоп, А |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ЩТП-160 кВА | оп.№1/1/1 | 15 | AsXSn 4х95 | 0.32 | 0.1 | 258 |
| 2 | оп.№1/1/1 | оп.№2/2/2 | 36 | AsXSn 4х95 | 0.32 | 0.1 | 258 |
| 3 | оп.№2/2/2 | оп.№3/3/3 | 23 | AsXSn 4х95 | 0.32 | 0.1 | 258 |
| 4 | оп.№3/3/3 | оп.№4 | 37 | AsXSn 4х95 | 0.32 | 0.1 | 258 |
| 5 | оп.№4 | оп.№5 | 30 | AsXSn 4х95 | 0.32 | 0.1 | 258 |
| 6 | оп.№5 | оп.№6 | 38 | AsXSn 4х95 | 0.32 | 0.1 | 258 |
| 7 | оп.№6 | оп.№7 | 29 | AsXSn 4х35 | 0.87 | 0.1 | 138 |
| 8 | оп.№6 | оп.№8 | 27 | AsXSn 4х35 | 0.32 | 0.1 | 258 |
| 9 | оп.№8 | оп.№9 | 16 | AsXSn 4х35 | 0.32 | 0.1 | 258 |
| 10 | оп.№9 | оп.№10 | 21 | AsXSn 4х35 | 0.32 | 0.1 | 258 |
| 11 | оп.№10 | оп.№11 | 25 | AsXSn 4х35 | 0.32 | 0.1 | 258 |
| 12 | оп.№11 | оп.№12 | 24 | AsXSn 4х35 | 0.32 | 0.1 | 258 |

*Таблиця 3.11*

**Розрахунок падіння напруги ПЛІ-0,4 кВ Л-3. Частина 2**

| № з/п | Рвст, кВт | kод | Рроз, кВт | Іроз, А | Qроз, кВАр | ΔU ділянки | | ΔU кінцева | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | В | % | В | % |
| 1 | 247.5 | 0.3724 | 92.164 | 152.212 | 39.253 | 1.319 | 0.347 | 1.319 | 0.347 |
| 2 | 247.5 | 0.3724 | 92.164 | 152.212 | 39.253 | 3.166 | 0.833 | 4.485 | 1.18 |
| 3 | 247.5 | 0.3724 | 92.164 | 152.212 | 39.253 | 2.023 | 0.532 | 6.508 | 1.713 |
| 4 | 247.5 | 0.3724 | 92.164 | 152.212 | 39.253 | 3.254 | 0.856 | 9.762 | 2.569 |
| 5 | 202.5 | 0.3724 | 75.407 | 124.537 | 32.116 | 2.159 | 0.568 | 11.92 | 3.137 |
| 6 | 157.5 | 0.3724 | 58.65 | 96.862 | 24.979 | 2.127 | 0.56 | 14.047 | 3.696 |
| 7 | 45 | 0.3724 | 16.757 | 27.675 | 7.137 | 1.167 | 0.307 | 15.214 | 4.004 |
| 8 | 90 | 0.3724 | 33.514 | 55.35 | 14.274 | 0.863 | 0.227 | 14.91 | 3.924 |
| 9 | 67.5 | 0.3724 | 25.136 | 41.512 | 10.705 | 0.384 | 0.101 | 15.294 | 4.025 |
| 10 | 67.5 | 0.3724 | 25.136 | 41.512 | 10.705 | 0.504 | 0.133 | 15.798 | 4.157 |
| 11 | 67.5 | 0.3724 | 25.136 | 41.512 | 10.705 | 0.6 | 0.158 | 16.397 | 4.315 |
| 12 | 22.5 | 0.3724 | 8.379 | 13.837 | 3.568 | 0.192 | 0.05 | 16.589 | 4.366 |

Враховуючи, що втрати напруги в проект. Л-1 не перевищують допустиме значення 5%, приймаємо для будівництва ПЛІ-0,4 кВ Л-1 від ЩТП-10/0,4 кВ до оп. №5 провід марки AsXSn 4x50.

### 3.4. Результати розрахунку та вставки спрацьовування пристроїв релейного захисту

Для забезпечення надійної та селективної роботи системи електропостачання проєктом передбачено застосування комплексу релейного захисту та автоматики на ПС «Рославичі» для ПЛ-19 «Бугаївка». Вихідними даними для розрахунку параметрів релейного захисту є значення струмів короткого замикання на шинах 10 кВ живильної підстанції. Максимальний струм короткого замикання становить

3,495 кА, а мінімальний – 2,123 кА. Дані параметри використовуються для визначення уставок захисту та перевірки чутливості релейних пристроїв.

На вводі 10 кВ передбачено встановлення релейного захисту типу МРЗС-05М. Струм спрацювання захисту прийнято на рівні 630 А, а витримка часу становить 1,2 с. Такі параметри забезпечують своєчасне відключення пошкодженої ділянки мережі та узгодження роботи захисту з іншими елементами системи електропостачання.

Для секційного вимикача також використовується реле типу МРЗС-05М. Струм спрацювання захисту становить 500 А, а витримка часу – 0,9 с. Застосування секційного захисту дозволяє підвищити надійність електропостачання та забезпечити локалізацію аварійних режимів у межах окремих ділянок мережі.

Максимальний струм навантаження в мережі становить 21 А. Для вимірювання струмів та забезпечення роботи релейного захисту прийнято трансформатори струму з коефіцієнтом трансформації 75/5. Такі параметри відповідають умовам експлуатації та забезпечують необхідну точність вимірювання.

На вимикачах лінії 10(6) кВ передбачено застосування максимального струмового захисту (МСЗ) та струмової відсічки. Для реалізації захисту використовується реле типу МРЗС-05М. Струм спрацювання МСЗ становить 150 А при витримці часу 0,5 с. Струм спрацювання струмової відсічки прийнято на рівні 600 А з витримкою часу 0,1 с. Такі параметри дозволяють забезпечити швидке відключення пошкоджень у мережі та мінімізувати негативний вплив аварійних режимів на роботу електрообладнання.

У схемі також передбачено застосування ЧАПВ, що дозволяє автоматично повторно вмикати лінію після короткочасних пошкоджень. Використання засобів автоматизації та сучасних мікропроцесорних реле забезпечує підвищення надійності електропостачання, зменшення часу ліквідації аварійних режимів та покращення експлуатаційних характеристик системи електропостачання.

*Таблиця 3.12*

**Значень струмів короткого замикання С.К.З.**

| точка К.З. | Місце короткого замикання | Струм, кА | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Максимальний | | Мінімальний | |
| | | I(3) | I(2) | I(3) | I(2) |
| С.К.З. при живленні проектуємого ТП з ПС Рославичі по лінії Л-19 "Бугаївка" | | | | | |
| К1 | Шини 10 кВ ПС Рославичі | 3,495 | 3,027 | 2,123 | 1,839 |
| К2 | Шини 10 кВ ТП-269 (режим основного живлення) | 0,614 | 0,532 | 0,575 | 0,498 |
| К3 | Шини 10 кВ ТП-проект (Sн=160 кВА) | 1,790 | 1,550 | 1,397 | 1,210 |
| К4 | Шини 0,4 кВ ТП-проект (Sн=160 кВА) | 0,179 | 0,155 | 0,174 | 0,151 |

При включенні проектуємого ТП 160 кВА трансформатори струму заміни не потребують та існуючі уставки відповідають вимогам чутливості та селективності і не потребують зміни.

### 3.5. Вибір автоматичних вимикачів

Проведемо вибір автоматичних вимикачів.

Відповідно до завдання замовника та приведених розрахунків необхідно обрати мінали ввідних автоматичних на кожну вихідну лінію.

Для ПЛІ-0,4 кВ Л-1 розрахункове значення навантаження становить 73,67 кВт. Номінальний розрахунковий струм мережі становить :

$$I_{р\ Л-1} = \frac{P_{роз}}{3 * U_н * \cos\varphi} \quad (3.12)$$

$$I_{р\ Л-1} = \frac{73,67}{3 \cdot 0,38 \cdot 0,92} = 121,67А \quad (3.13)$$

де $P_{роз}$ -розрахункове навантаження ПЛІ-0,4 кВ Л-1, кВт; $U_Н$ - розрахункова напруга, кВ; cosφ- коефіцієнт потужності, згідно розрахунку.

Номінальний струм автоматичного вимикача повинен бути більше чи рівним мінімальному струму мережі:

$$I_{ном} \geq I_{р.Л-1} \geq 121{,}67 \text{ А} \quad (3.14)$$

Для ПЛІ-0,4 кВ Л-1 обираємо автоматичний вимикач з $I_{ном}$=125 А.

Для інших відхідних ліній проведемо аналогічний розрахунок та зведемо його до таблиці 3.13.

*Таблиця 3.13*

**Вибір автоматичних вимикачів**

| № | Ділянка | Розрахункова потужність, Рроз, кВт | Напруга мережі, Uн, кВ | Розрахунковий струм, Іроз, А | Номінальний струм вводного автоматичного вимикача, Іном, А |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Дообліковий автоматичний вимикач в РУ-0,4 кВ | 145,00 | 0,38 | 239,47 | 250 |
| 1 | Вводний автоматичний вимикач на вихідну Л-1 в РУ-0,4 кВ | 73,67 | 0,38 | 121,67 | 125 |
| 2 | Вводний автоматичний вимикач на вихідну Л-2 в РУ-0,4 кВ | 94,11 | 0,38 | 155,43 | 160 |
| 3 | Вводний автоматичний вимикач на вихідну Л-3 в РУ-0,4 кВ | 92,16 | 0,38 | 152,21 | 160 |

| № | Ділянка | Розрахункова потужність, Рроз, кВт | Напруга мережі, Uн, кВ | Розрахунковий струм, Іроз, А | Номінальний струм вводного автоматичного вимикача, Іном, А |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Дообліковий автоматичний вимикач в КДЕ-У на опорі | 22,50 | 0,38 | 37,16 | 40 |
| 5 | Вводний автоматичний вимикач в РЩ-0,4 кВ будинку | 22,50 | 0,38 | 37,16 | 40 |

### 3.6. Розрахунок заземлення ВРП=0,4 кВ та РЩ – 0,4 кВ

Необхідний опір розтікання заземлювального пристрою становить 4 Ом. Для системи заземлення прийнято контурну конфігурацію. Як вертикальні електроди заземлення використовуються стіалеві круглі електроди діаметром 16 мм. Горизонтальні електроди заземлення виконуються зі стальної смуги розміром 40×4 мм.

Кількість вертикальних електродів заземлення становить 5 шт. Глибина закладання електродів (свердловин) прийнята 2,5 м. Відстань між електродами становить 3 м, що забезпечує ефективне розтікання струму в ґрунті та відповідність нормативним вимогам щодо роботи заземлювального пристрою.

$$R_в = \left(\frac{0{,}16}{\frac{h_1}{\rho_{o1}}+\frac{h_2}{\rho_{o2}}}\right) \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot l}{d}\right) \quad (3.15)$$

$$R_г = \left(\frac{0{,}366 \cdot \rho_{o1} \cdot K_{c(г)}}{L}\right) \cdot \lg\left(\frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t}\right) \quad (3.16)$$

$$R_з = \frac{R_в \cdot R_г}{n \cdot R_г \cdot n_в + R_в \cdot n_г} \quad (3.17)$$

Де:

Rв - опір вертикального електрода

Rг - опір горизонтального електрода

Rз - опір заземлення

ρ - розрахункове значення питомого електричного опору грунта $\rho = \rho_o K_c$

для верхнього шару грунту: $\rho_{o1} = 45$ Ом м

для середнього шару грунту: $\rho_{o2} = 35$ Ом м

Kc - коефіцієнт сезонності для другої кліматичної зони до глибини hc = 2 м; $K_{c(г)} = 2,0$; $K_{c(в)} = 1$

$h_1$ - глибина верхнього шару грунту 1,0 м

$h_2$ - глибина середнього шару грунту 0,8 м

l - довжина електрода 2,5 м

l' - глибина електродів (свердловин) 3,2 м

d - діаметр електрода 16 мм

t - відстань від поверхні землі до верха електрода 0,7 м

n - кількість електродів 5 шт.

$n_в$ - коефіцієнт взаємовпливу вертикальних електродів 0,92

$n_г$ - коефіцієнт взаємовпливу горизонтальних електродів 0,87

$$R_в = \left(\frac{0,16}{\frac{(1,0 - 0,7)}{45} + \frac{2,2}{35}}\right) \cdot \ln\left(\frac{(4 \cdot 2,5)}{0,016}\right) = 14,81$$

$$R_г = \left(\frac{(0,366 \cdot 45 \cdot 2)}{15}\right) \cdot \lg\left(\frac{(2 \cdot 15^2)}{0,04 \cdot 0,7}\right) = 9,23$$

$$R_з = \frac{(14,81 \cdot 9,23)}{5 \cdot 9,23 \cdot 0,92 + 14,81 \cdot 0,87} = 2,47$$

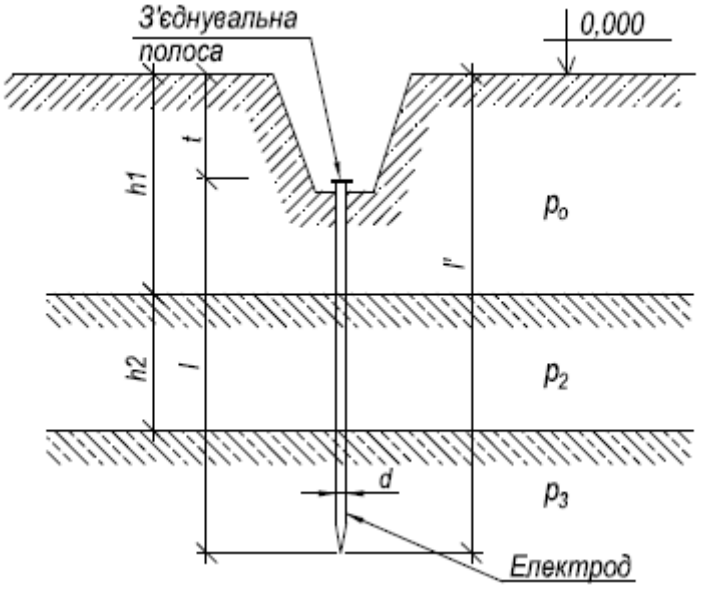



Рис. 3.1. Схема прокладки заземлення

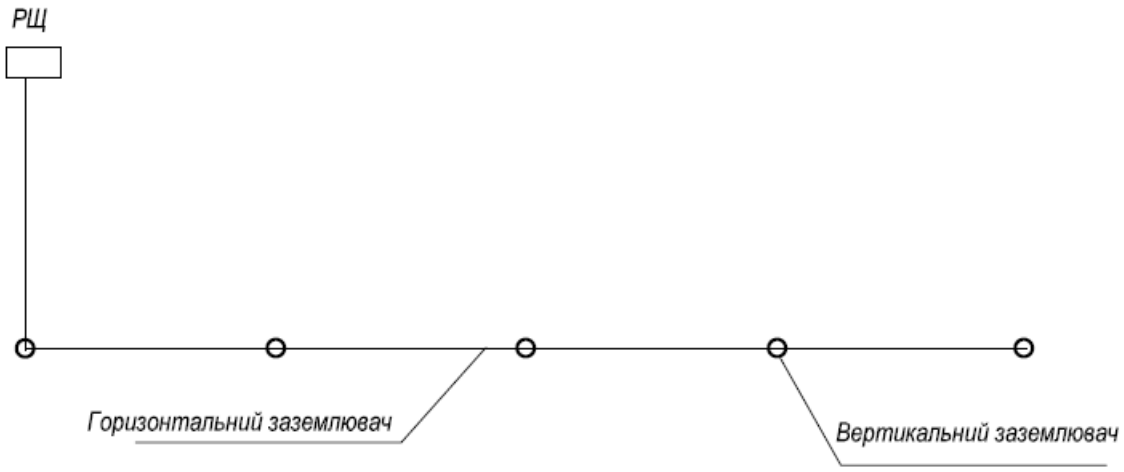



Рис. 3.2. Схема виконання заземлення

Будову контура заземлення виконати згідно розрахунку з дотриманням вимог ПУЕ (гл. 1.7) та інших нормативних документів.

Опір заземлення становить 2,47 Ом, що відповідає вимогам ПУЕ:2011 п.1.7.98 та ДБН В.2.5-27:2006 п.3.3, 3.4.

Зовнішнє заземлення виконати із сталевої штаби 40×4, яку прокласти на глибині 0,7 м від поверхні землі, та глибинних електродів Dн=16 мм довжиною 2,5 м, які ввінтити в ґрунт так, щоб верх електрода знаходився на глибині 0,7 м від поверхні землі.

Усі з'єднання елементів заземлювального пристрою, у тому числі перехрещування, виконати зварюванням швом внапуск. Довжина шва повинна дорівнювати подвійній ширині штаби.

Опір заземлення повинен бути менше 4 Ом. У випадку невиконання даної умови необхідно збільшити кількість електродів.

### 3.7. Захист від перенапруг

Заземленню підлягають всі металеві частини обладнання та устаткування, що за нормальних умов роботи електроустановки не проводять електричний струм, а при виникненні аварійних ситуацій можуть потрапити під його дію.

Всі залізобетонні опори ПЛІ-0,4 кВ і лінійна арматура заземляються шляхом приєднання до верхнього заземлювального випуску опори з допомогою з'єднувального провідника ЗП (алюмінієвий дріт перерізом 16 мм2, що підкладається під стальну стрічку кріплення

кронштейнів). На опорах з підкосами ЗП приєднати до верхнього заземлювального випуску стійки опори та підкосу.

Опір заземлювального пристрою для ПЛЗ-10 кВ повинен відповідати вимогам п. 2.5.127 та 2.5.130 ПУЕ 2017р і становити не більше - 10 Ом. При питомому опорі грунту більше 100 Омм допускається збільшувати вказані норми в 0,01 разів, але не більше ніж в 10 разів. Нормовані величини опору повинні забезпечуватись в любу пору року.

Опір заземлювального пристрою для ПЛІ-0,4 кВ повинен відповідати вимогам п. 2.4.34 та п. 2.4.37 ПУЕ 2017р. і становити не більше – 30 Ом.

При питомому опорі ґрунту більше 100 Ом*м допускається збільшувати вказані норми в 0,01 разів, но не більше ніж в 10 разів. Нормовані величини опору повинні забезпечуватись в будь-яку пору року.

### 3.8. Система загального обліку електричної енергії

Система загального обліку встановлюється в РУ-0,4 кВ проект. ЩТП-160/10/0,4 та виконується лічильником електричної енергії типу NIK 2303L АРК1Т 1080 МСЕ трансформаторного включення з трансформаторами струму типу Т-0,66-250/5 0,5s та контролером збору даних типу КС-02-08.

Для улаштування індивідуального обліку е/е передбачається встановлення щитів КДЕ-У на опорах ПЛІ-0,4 кВ з встановленням дооблікових автоматичних вимикачів типу ВА47-29 3Р з Іном=40 А та лічильниками типу NIK 2303.ARP6T.1800.MC.21

Конструктивно передбачено пломбування автоматичного вимикача, лічильника та вимірювальних кіл підключення до лічильника.

Система загального обліку встановлюється в РУ-0,4 кВ ЩТП-10/0,4 кВ. Загальний облік електроенергії виконується за допомогою установки електронного лічильника типу NIK 2303L АРК1Т 1080 МСЕ трансформаторного включення з установленим контролером збору даних типу КСД-02-08.

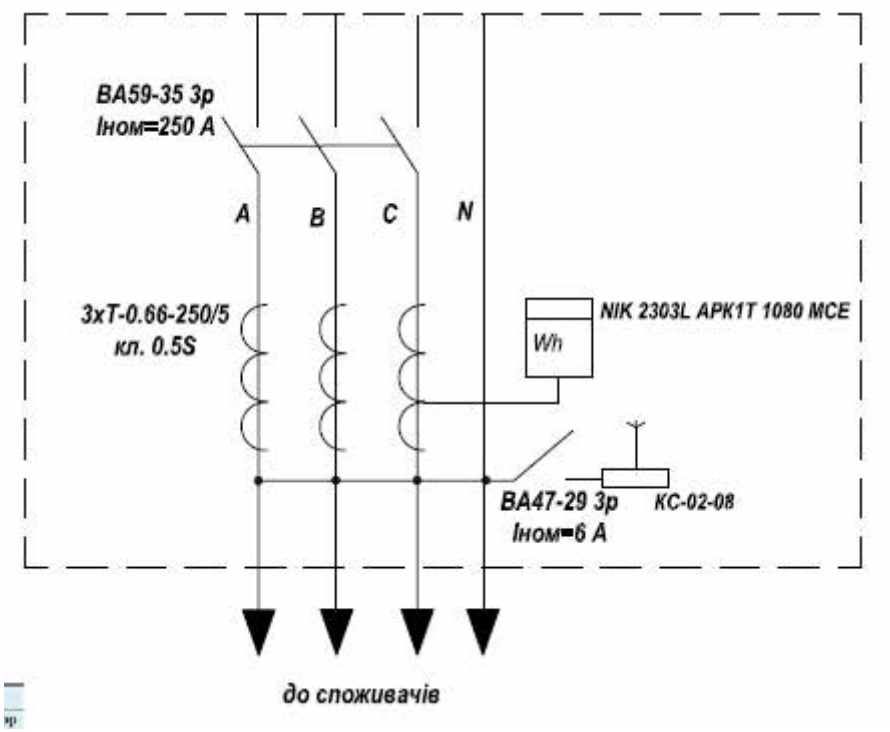



Рис. 3.3. Схема підключення лічильника електричної енергії

Схема підключення трифазного лічильника типу NIK 2303L (рис. 3.3) реалізована за напівнепрямим принципом із використанням трьох трансформаторів струму типу Т-0,66 з класом точності 0,5S. Захист вимірювальних кіл та живлення контролера збору даних КСД-02-08 забезпечується окремим автоматичним вимикачем ВА47-29 (6 А), тоді як ввідний силовий ланцюг захищено вимикачем ВА59-35 (250 А). Інтеграція контролера дозволяє автоматизувати передачу даних до системи АСКОЕ, а конструкція шафи передбачає обов'язкове опломбування елементів для запобігання несанкціонованому доступу.

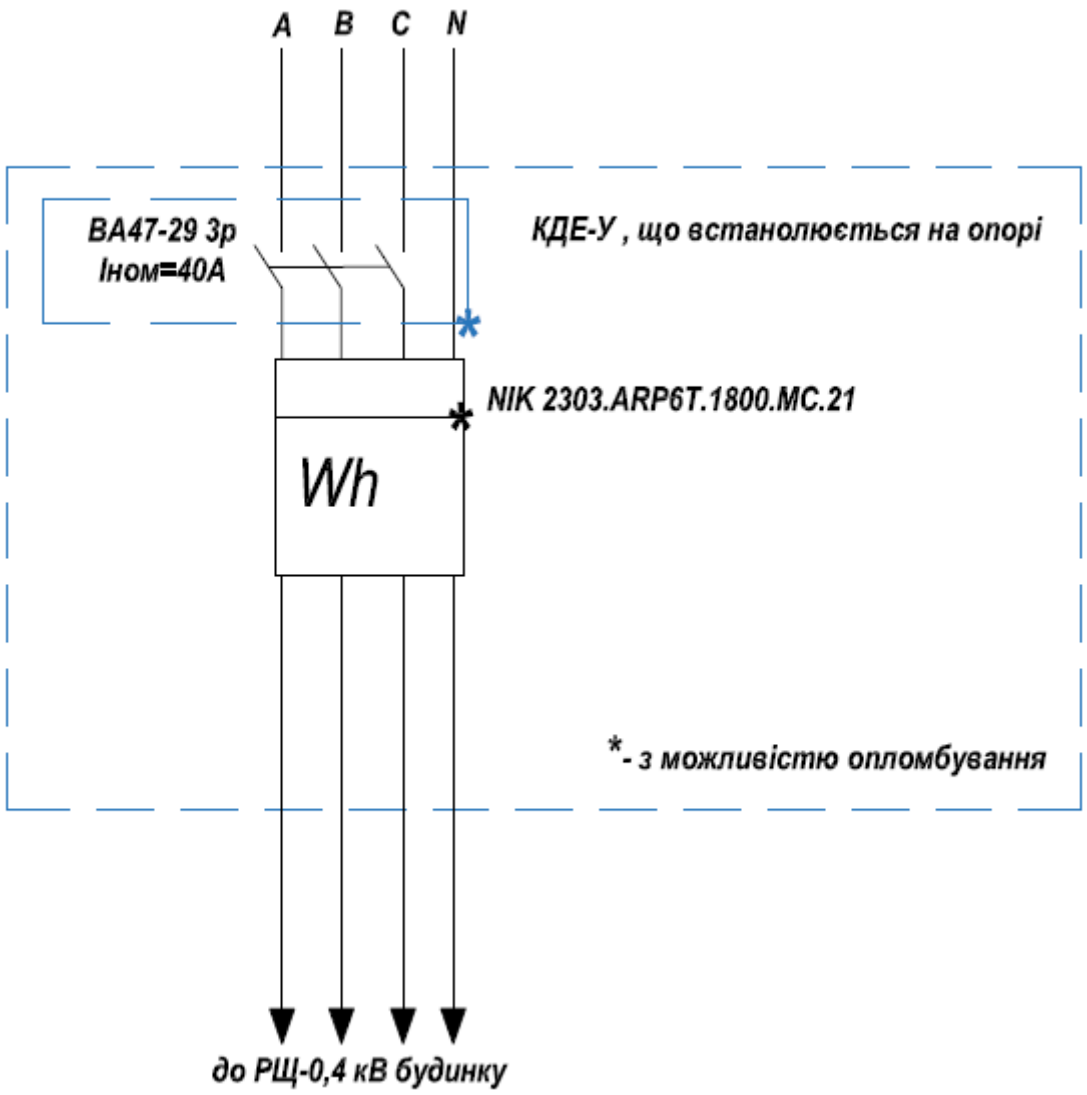



Рис. 3.4. Схема живлення лічильника електричної енергії

Лічильник має наступні характеристики:

– клас точності 1,0;

– вимірювання активної та реактивної енергії;

– багатотарифний;

– чотирьохпровідний;

– номінальна напруга 380 В;

– робочий діапазон струмів лічильника від 1 до 10 А;

– частота 50 Гц;

– трансформаторне включення;

– температурні умови експлуатації від -35 до +70 °С.

*Таблиця 3.14*

**Перевірка трансформаторів струму**

| №п/п | Назва | Іроз. max., А | Іроз. min, А | Тр-р струму | Кт.т. | Imax.втор р.об | Imin.втор обм., А | 20% Іном т.с, А | 1% Іном т.с, А | Умови виконання | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | Imax.втор обм.> 20% | Imin.втор обм.> 1% |
| 1 | РУ-0,4 кВ ЦТП -/10/0,4 | 239,47 | 23,95 | 250/5 | 50 | 4,79 | 0,48 | 1,00 | 0,05 | 4,79>1 | 0,48>0,05 |

Трансформатори струму прийняті марки Т-0,66, коефіцієнт трансформації 250/5, класу точності 0,5 S.

**Висновки до розділу 3**

У результаті виконаних електротехнічних розрахунків підтверджено можливість надійного підключення проєктного навантаження потужністю 145 кВА до ПЛ-10 кВ Л-19 «В. Бугаївка» ПС 35/10 кВ «Рославичі» без необхідності реконструкції існуючої мережі. Максимальне падіння напруги в лінії 10 кВ після приєднання навантаження становить 1,89 %, що не перевищує допустимого значення 5 %, а максимальний струм навантаження складає 30,12 А при допустимому довготривалому струмі проводу АС-35 — 175 А. Для будівництва ПЛІ-0,4 кВ прийнято самонесучі ізольовані проводи марки AsXSn 4×50, AsXSn 4×70 та AsXSn 4×95, при цьому максимальні втрати напруги становлять відповідно 3,23 %, 3,36 % та 4,37 %, що також відповідає вимогам ПУЕ. Для захисту та комутації мережі обрано автоматичні вимикачі номіналом 40 А, 125 А, 160 А та 250 А, а для релейного захисту — мікропроцесорні пристрої типу МРЗС-05М із уставками 150–630 А та витримкою часу 0,1–1,2 с. Система обліку електроенергії виконуватиметься із застосуванням лічильників типу NIK 2303L АРК1Т 1080 MCE, трансформаторів струму Т-0,66-250/5 класу точності 0,5S та контролерів збору даних КСД-02-08. Для системи заземлення прийнято контур із 5 вертикальних електродів Ø16 мм довжиною 2,5 м та сталевої смуги 40×4 мм, при цьому

розрахунковий опір заземлення становить 2,47 Ом, що відповідає нормативним вимогам ПУЕ та ДБН.

# РОЗДІЛ 4
# ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

## 4.1. Визначення класу наслідків та категорії складності об’єкта

Оскільки об'єктом будівництва є ПЛЗ-10 кВ, ЩТП-10/0,4 кВ, ПЛІ-0,4 кВ, на якій не можуть перебувати люди, об'єкт будівництва відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС1.

Кількість осіб, які перебувають зовні ПЛЗ-10 кВ, ЩТП-10/0,4 кВ, ПЛІ-0,4 кВ приймається з урахуванням того, що від проектних ліній будуть живитись садові будинки , зважаючи що на період будівництва проектованих ліній побудовано 10 будинків з загальною кількістю проживаючих до 50 осіб N3=30 осіб, то за кількістю осіб, які перебувають ззовні об'єкту, об'єкт відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС1.

Для визначення обсягу можливого економічного збитку розрахуємо вартість спорудження ПЛЗ- 10 кВ, ЩТП-160/10/0,4 кВ, ПЛІ-0,4 кВ.

СОУ-Н-МЕВ 4.5.2-37471933-44:2011 «Укрупнені показники вартості будівництва підстанції напругою від 0,38 кВ до 150 кВ. Лінії електропередачі напругою від 0,38 кВ до 150 кВ»

ПЛЗ-10 кВ довжиною 1,418 км – 161,099 тис. грн. ( табл. 8.1 п 4.2; з урахуванням коефіцієнту табл 8.2.).

ЩТП-160/10/0,4 кВ– 65,113 тис. грн. ( табл. 9.1 п 4.2; з урахуванням коефіцієнту табл 8.2.).

ПЛІ-0,4 кВ до 50 мм довжиною 0,161 км – 30,459 тис. грн. ( табл. 7.1 п 4.2; з урахуванням коефіцієнту табл 8.2.).

ПЛІ-0,4 кВ до 70 мм довжиною 0,202км – 44,331 тис. грн. ( табл. 8.1 п 4.2; з урахуванням коефіцієнту табл 8.2.).

ПЛІ-0,4 кВ до 95 мм довжиною 0,292 км – 77,341 тис. грн. ( табл. 8.1 п 4.2; з урахуванням коефіцієнту табл 8.2.).

Прогнозовані збитки визначаються за формулою:

$$Ф = 0{,}225\sum_{i=1}^{n} P_i \quad (4.1)$$

Ф=0,225(65,113+161,099+30,459+44,331+77,341)=85,1275 тис.грн

Згідно методики визначення обсягу можливого економічного збитку прив'язування виконується до мінімального розміру заробітної плати (м.р.з.п.) який в Україні на 01.01.2026 р складає 8647,00 грн.

Обсяг можливого економічного збитку у мінімальних заробітних платах складає

$$\frac{85{,}1275}{8{,}647} = 9{,}8447_{м.\,р.\,з.\,п.}$$

За обсягом можливого економічного збитку ПЛЗ-10 кВ, ЩТП-10/0,4 кВ, ПЛІ-0,4 кВ кВ відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС1.

ПЛЗ-10 кВ , ЩТП-10/0,4 кВ, ПЛІ-0,4 кВ кВ не розташовані в охоронній зоні об'єктів культурної спадщини і не є об'єктом культурної спадщини.

Відповідно до ДСТУ -Н Б.В.1.2-16:2013 пн.4.1, 4.4, клас наслідків (відповідальності) об'єкту будівництва встановлюється за найвищою характеристикою можливих наслідків, отриманих за результатами розрахунків. Виходячи з цього, реконтрукція ЛЕП-10 кВ має клас наслідків (відповідальності) СС1.

### 4.2. Техніко-економічна характеристика проєкту

Проєкт електропостачання передбачає будівництво повітряної лінії електропередачі напругою 10 кВ, комплектної трансформаторної підстанції ЩТП-160/10/0,4 кВ та мережі 0,4 кВ для забезпечення електроенергією житлової забудови садибного типу.

До складу системи електропостачання входять:

- ПЛЗ-10 кВ довжиною 1,418 км;

- ЩТП-160/10/0,4 кВ потужністю 160 кВА;
- ПЛІ-0,4 кВ загальною довжиною 0,655 км.

Проєктовані мережі забезпечують електропостачання споживачів ІІІ категорії надійності відповідно до вимог ПУЕ.

Використання самоутримних ізольованих проводів (СІП) у мережі 0,4 кВ дозволяє:

- зменшити втрати електроенергії;
- підвищити надійність електропостачання;
- знизити ризик коротких замикань;
- зменшити витрати на технічне обслуговування;
- підвищити рівень електробезпеки.

Запроєктована трансформаторна підстанція забезпечує необхідний рівень надійності та якості електропостачання споживачів із можливістю подальшого розвитку мережі.

### 4.3. Розрахунок кошторисної вартості будівництва

Вартість будівництва об’єкта визначалась відповідно до СОУ-Н-МЕВ 4.5.2-37471933-44:2011 «Укрупнені показники вартості будівництва підстанцій та ліній електропередач».

Розрахунок вартості основних елементів системи електропостачання наведено у таблиці 4.1.

*Таблиця 4.1*

**Вартість будівництва елементів системи електропостачання**

| Найменування | Вартість, тис. грн |
|---|---|
| ПЛЗ-10 кВ | 161,099 |
| ЩТП-160/10/0,4 кВ | 65,113 |
| ПЛІ-0,4 кВ до 50 мм² | 30,459 |
| ПЛІ-0,4 кВ до 70 мм² | 44,331 |
| ПЛІ-0,4 кВ до 95 мм² | 77,341 |

Загальна вартість будівництва становить:

161.099+65.113+30.459+44.331+77.341=378.343161.099+65.113+30.459+44.331+77.341=378.343161.099+65.113+30.459+44.331+77.341=378.343

Отже, орієнтовна кошторисна вартість проєкту складає 378,343 тис. грн.

### 4.4. Аналіз організації та тривалості будівництва

Тривалість будівництва визначається за формулою:

$$T_б = \frac{T_c \cdot K_1 \cdot K_2}{K_з}, \quad (4.2)$$

де Тс – усереднений показник тривалості будівництва, визначається за додатком А ДСТУ Б А.3.1-22:2013.

Тривалість спорудження, відповідно до технічних параметрів проектної документації приведена у табл. 4.1.

*Таблиця 4.2*

**Тривалість будівництва по ДСТУ Б А.3.1-22:2013.**

| Найменування об'єкта будівництва | Проектна довжина/кількість, км/шт | Тривалість будівництва відповідно ДСТУ, календарних днів | Прогнозавана тривалість будівництва, календарних днів |
|---|---|---|---|
| ПЛЗ-10 кВ | 1418 | 45 | 45 |
| Комплексне енергопостачання в складі:повітряної лінії загальної довжини до 1км, трансформаторної підстанції (комплектні та мачтові) напругою 6-10/0,4кВ, потужністю не більше 400 кВА-1шт | 1 | 45 | 45 |
| КЛ-0,4 кВ | 0,464 | 30 | 45 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| (мережі Замовника) | | | |

К1 – коефіцієнт, що ураховує сукупність певних умов зведення об’єкту (складні інженерно-геологічні умови, ущільненість забудови, сейсмонебезпечні умови);

К2 – коефіцієнт, що ураховує сукупність конструктивних особливостей споруди К2=1,0;

К3 – коефіцієнт, що ураховує застосовані організаційно-технологічні заходи, які впливають на тривалість зведення, тобто циклічність робіт: при роботі у дві зміни – 1,1, при роботі у три зміни 1,25.

$$К1 = К11 \times К12 \times К13$$

де, К11 – коефіцієнт, котрий окреслює інженерно-геологічні умови та міститься в межах від 1,0 до 1,3. При зведенні будівництва у звичних геологічних умовах К11=1,0.

К12 – коефіцієнт, який бере до уваги спорудження в сейсмонебезпечних умовах та дорівнює 1,1.

К13 – коефіцієнт, котрий відображає міру впливу умов ущільненої забудови на тривалість спорудження та обчислюється за формулою:

$$К13= 1+(П1+П2+П3),$$

де П1 – чинник, що зважає на:

- Наявність поблизу будівельного майданчика існуючих будівель та споруд, які створюють обмеження для виконання робіт по вертикалі та горизонталі;

- Наявність зелених насаджень, які не можуть бути знесені;

- Обмежені умови складування матеріалів або неможливість їх зберігання на будівельному майданчику для належного постачання матеріалами робочих місць.

У разі наявності усіх зазначених чинників максимальне значення коефіцієнта П1 складає 0,6. За наявності лише першого чинника П1=0,48, другого – П1=0,06, третього П1=0,06. За наявності двох із зазначених умов значення коефіцієнтів П1 для кожної з умов додаються.

П2 – чинник, що зважає на наявність на території будівельного майданчика інженерних мереж. (значення П2 береться 0,15).

П3 – чинник, що зважає на інтенсивність руху транспорту та пішоходів поблизу місця проведення робіт. (при жвавому русі П3 береться 0,25).

$$К13=1+(0,48+0,15+0.25) = 1,88$$

$$К1=1 \times 1,1 \times 1,88=2,07$$

Загальна тривалість зведення для об'єктів будівництва вміщена у таблиці 4.3.

*Таблиця 4.3*

**Розрахунок тривалості будівництва**

| Найменування об’єкта будівництва | Тривалість будівництва, календарних днів, Тс |
|---|---|
| ПЛЗ-10 кВ | 85 |
| Комплексне енергопостачання в складі: повітряної лінії загальної довжини до 1 км, трансформаторної підстанції (комплектні та мачтові) напругою 6-10/0,4кВ, потужністю не більше 400 кВА-1шт | 85 |
| КЛ-0,4 кВ (мережі Замовника) | 57 |
| Всього | 227 |

Сумарна тривалість будівництва об’ єкту приєднання – 227 дні.

### 4.5. Оцінка впливу проєкту на навколишнє середовище

При розробленні проекту враховані вимоги стандарту підприємства, державних будівельних норм, державних стандартів, державних санітарних норм і правил, норм технологічного проектування, чинних ПУЕ-2014 та вимог законодавчих актів України.

Будівництво запроектованих об’єктів електричної мережі передбачається на території с. Рославичі. Проектований об’єкт споруджується для передачі і розподілу електроенергії напругою 10/0,4 кВ.

Технологічний процес будівництва та експлуатації запроектованих об’єктів є безвідходним і не супроводжується шкідливими викидами в навколишнє природне середовище (як повітряне так і водне). Виходячи з цього, проведення повітряно-, ґрунто та водоохоронних заходів проектом не передбачається.

Водопостачання і відведення побутових та інших для ПЛ 10-0,4 кВ не потрібні і проектом не передбачаються.

Згідно з Правила охорони електричних мереж. Постанова КМУ від 03.04.97 № 209. встановлюється охоронна зона:

- для ПЛЗ-10 кВ -10 м уздовж повітряних ліній електропередачі - у вигляді земельної ділянки і повітряного простору, обмежених вертикальними площинами, що віддалені по обидві сторони лінії від крайніх проводів за умови невідхиленого їх положення .

- для ПЛІ-0,4 кВ -2 м уздовж повітряних ліній електропередачі - у вигляді земельної ділянки і повітряного простору, обмежених вертикальними площинами, що віддалені по обидві сторони лінії від крайніх проводів за умови невідхиленого їх положення .

- для ЩТП-10/0,4 кВ – 3 м в кожну сторону від периметрів.

- для КЛ-10 кВ- 1 м в у вигляді земельної ділянки, обмеженої вертикальними площинами від крайніх кабелів.

На запроектованому об’єкті стаціонарні джерела викиди в атмосферу відсутні. Процес передачі і розподілу електроенергії з використанням передбаченого проектом обладнання є безвідходним і не супроводжується викидами в навколишнє повітряне середовище навіть при аварійних ситуаціях.

Прийняті в проекті обладнання та апаратура відповідають діючим стандартам України для цих кліматичних умов.

Прийняті в проекті обладнання і матеріали не впливають на мешканців навколишніх населених пунктів, обслуговуючий персонал та техніку.

Для забезпечення нормативного стану навколишнього середовища та екологічної безпеки проектом передбачається:

- використання для будівництва запроектованих об’єктів екологічно чистих і безпечних матеріалів, конструкцій, апаратів та обладнання;

- розміщення об’єктів на вільній від забудови території ;

- дотримання обумовлених в ПУЕ габаритів та нормованих відстаней від струмоведучих частин до землі, споруд і т.д.;

- захисне заземлення застосованого обладнання;

- автоматичне відключення лінії при пошкодженнях та аварійних ситуаціях.

Виходячи з наведеного, можна визначити, що проектом передбачено виконання всіх вимог щодо захисту навколишнього середовища, а запроектовані об’єкти шкідливого впливу навколишньому середовищу не наносять.

Реалізація природоохоронних та технічних заходів, передбачених проєктом, дозволяє мінімізувати експлуатаційні ризики та забезпечити екологічну безпеку функціонування системи електропостачання без додаткових витрат на природоохоронні заходи.

**Висновки до розділу 4**

У результаті виконаного техніко-економічного обґрунтування встановлено, що проєкт електропостачання є технічно доцільним та економічно обґрунтованим. Визначено, що об’єкт будівництва належить до класу наслідків (відповідальності) СС1 та ІІ категорії складності. Загальна кошторисна вартість будівництва становить 378,343 тис. грн, а прогнозований економічний збиток не перевищує нормативних значень для даного класу відповідальності. Запроєктована система забезпечує надійне електропостачання споживачів ІІІ категорії, зниження втрат електроенергії та підвищення рівня електробезпеки. Проведена оцінка впливу на навколишнє середовище підтвердила, що експлуатація об’єкта не створює негативного впливу на довкілля та відповідає вимогам чинних нормативних документів.

# РОЗДІЛ 5
# ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Під час будівництва та експлуатації системи електропостачання напругою 10/0,4 кВ об’єктів індивідуальної забудови садибного типу ОК «ЕКО-ДОМА» необхідно забезпечити виконання комплексу організаційних і технічних заходів з охорони праці, електробезпеки та пожежної безпеки відповідно до чинних нормативних документів України.

Основними нормативними документами є:

- ДБН А.3.2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві»;
- НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок»;
- ПУЕ-2017 «Правила улаштування електроустановок»;
- ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об’єктів цивільного призначення»;
- ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об’єктів будівництва»;
- Закон України «Про охорону праці»;
- Кодекс цивільного захисту України.5.1. Заходи з електробезпеки

## 5.1. Заходи з електробезпеки

Електробезпека при експлуатації електроустановок 10/0,4 кВ забезпечується шляхом реалізації комплексу технічних та організаційних заходів відповідно до вимог ПУЕ-2017 та НПАОП 40.1-1.01-97. Основними небезпечними факторами при експлуатації електричних мереж є ураження електричним струмом, виникнення коротких замикань, перевантаження ліній та поява небезпечних електричних потенціалів на корпусах обладнання.

Для зниження рівня електричної небезпеки в проекті передбачено застосування захисного заземлення всіх металевих неструмоведучих частин електрообладнання, а також повторне заземлення PEN-провідника в мережах 0,4

кВ. Захист електричних мереж від аварійних режимів забезпечується встановленням автоматичних вимикачів, які відключають живлення при коротких замиканнях і перевантаженнях. Для зменшення впливу атмосферних та комутаційних перенапруг передбачено використання пристроїв захисту від імпульсних перенапруг.

Усі повітряні лінії 0,4 кВ виконуються із застосуванням ізольованих самонесучих проводів типу AsXSn, що підвищує рівень електробезпеки та зменшує ймовірність випадкового дотику до струмоведучих частин. При проектуванні також забезпечуються нормативні відстані від електричних мереж до будівель, споруд та рослинності відповідно до вимог ПУЕ-2017.

Трансформаторна підстанція ЩТП-160/10/0,4 кВ обладнується заземлювальним пристроєм, який забезпечує безпечні значення напруги дотику і кроку. Експлуатація електроустановок дозволяється лише персоналу, який пройшов відповідне навчання, перевірку знань з охорони праці, медичний огляд та має встановлену групу з електробезпеки.

При виконанні робіт використовуються засоби індивідуального захисту, зокрема діелектричні рукавиці та взуття, захисні каски, ізолювальні інструменти та переносні заземлення. Роботи в електроустановках виконуються виключно після зняття напруги або із застосуванням спеціальних заходів безпеки, передбачених нормативними документами.

### 5.2. Охорона праці при виконанні робіт

Організація будівельно-монтажних робіт виконується відповідно до вимог ДБН А.3.2-2009 та Закону України «Про охорону праці». Перед початком виконання робіт будівельний майданчик повинен бути належним чином підготовлений, очищений від сторонніх предметів і забезпечений безпечними під'їзними шляхами для будівельної техніки. Небезпечні зони будівництва обов'язково огороджуються та маркуються попереджувальними знаками безпеки.

Під час виконання монтажу повітряних ліній 10 кВ та 0,4 кВ особлива увага приділяється безпечній роботі з вантажопідіймальними механізмами, монтажними конструкціями та опорами. Усі механізми повинні бути справними, мати чинну технічну документацію та проходити періодичні огляди. Вантажно-розвантажувальні операції виконуються механізованим способом із дотриманням вимог безпеки стропування та переміщення вантажів.

Роботи поблизу діючих електроустановок виконуються лише за умови виконання організаційних та технічних заходів безпеки, які включають відключення напруги, перевірку її відсутності, встановлення переносних заземлень та вивішування попереджувальних плакатів. У випадках, коли неможливо забезпечити нормативні відстані до струмоведучих частин, електроустановки повинні бути знеструмлені.

Роботи на висоті виконуються із застосуванням страхувальних систем, запобіжних поясів та справних підйомних механізмів. Забороняється виконання монтажних робіт під проводами діючих ліній електропередачі без виконання спеціальних заходів безпеки.

Під час експлуатації електроустановок забороняється самовільне втручання в роботу електричних мереж, виконання ремонтних робіт без зняття напруги, а також допуск до робіт осіб, які не мають відповідної кваліфікації.

### 5.3. Протипожежні заходи

Протипожежна безпека об’єкта забезпечується відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 та Кодексу цивільного захисту України. Основними причинами виникнення пожеж в електроустановках є короткі замикання, перевантаження електричних мереж, пошкодження ізоляції проводів та порушення правил експлуатації електрообладнання.

Для запобігання виникненню пожеж у проекті передбачено використання сертифікованого електрообладнання, яке відповідає вимогам чинних стандартів. Електричні мережі виконуються з використанням проводів і кабелів із негорючою

або важкогорючою ізоляцією. Захист електричних ліній забезпечується встановленням автоматичних вимикачів та запобіжників, що відключають живлення у разі аварійних режимів.

Трансформаторна підстанція обладнується первинними засобами пожежогасіння, зокрема порошковими вогнегасниками та пожежним інвентарем. На території електроустановок забороняється зберігання легкозаймистих матеріалів, використання відкритого вогню та паління у невстановлених місцях.

Електрообладнання підлягає регулярним технічним оглядам із перевіркою стану ізоляції, контактних з'єднань та захисних пристроїв. У разі виникнення пожежі персонал зобов'язаний негайно знеструмити електроустановку, повідомити пожежно-рятувальну службу та застосувати первинні засоби пожежогасіння.

**Висновки до розділу 5**

У розділі розглянуто основні заходи з охорони праці, електробезпеки та пожежної безпеки при будівництві та експлуатації системи електропостачання 10/0,4 кВ об'єктів ОК «ЕКО-ДОМА». Встановлено, що реалізація проектних рішень відповідно до чинних нормативних документів України забезпечує безпечні умови праці, надійну експлуатацію електроустановок, зниження ризику аварійних ситуацій та пожеж, а також захист персоналу та населення від небезпечних факторів електричного струму.

# ВИСНОВКИ

1. У першому розділі розглянуто теоретичні основи електропостачання об’єктів індивідуальної забудови та виконано аналіз вихідних даних для проектування системи електропостачання ОК «ЕКО-ДОМА». Визначено характерні особливості даного типу споживачів і обґрунтовано їх віднесення до ІІІ категорії надійності. Проаналізовано принципи побудови розподільчих мереж напругою 10/0,4 кВ та обґрунтовано вибір раціональної схеми електропостачання. Встановлено основні технічні показники об’єкта та визначено джерело живлення і схему приєднання. Отримані результати є основою для подальшого виконання розрахунків і вибору обладнання в наступних розділах роботи.

2. У результаті розроблення схеми електропостачання об’єкта було обґрунтовано вибір системи електропостачання для житлової забудови садибного типу загальною потужністю 145 кВт. Виконано розрахунок електричних навантажень споживачів, на основі якого визначено параметри повітряної лінії 10 кВ, трансформаторної підстанції ЩТП-160/10/0,4 кВ та мережі 0,4 кВ. Проведено вибір основного обладнання, провідників і захисної апаратури відповідно до вимог ПУЕ та ДБН. Запроєктовані мережі забезпечують надійне електропостачання споживачів ІІІ категорії, допустимі режими роботи та необхідний рівень електробезпеки. Прийняті технічні рішення забезпечують ефективну, безпечну та стабільну роботу системи електропостачання.

3. У результаті виконаних електротехнічних розрахунків підтверджено можливість надійного підключення проєктного навантаження потужністю 145 кВА до ПЛ-10 кВ Л-19 «В. Бугаївка» ПС 35/10 кВ «Рославичі» без необхідності реконструкції існуючої мережі. Максимальне падіння напруги в лінії 10 кВ після приєднання навантаження становить 1,89 %, що не перевищує допустимого значення 5 %, а максимальний струм навантаження складає 30,12 А при допустимому довготривалому струмі проводу АС-35 — 175 А. Для будівництва ПЛІ-0,4 кВ прийнято самонесучі ізольовані проводи марки AsXSn 4×50, AsXSn 4×70 та AsXSn 4×95, при цьому максимальні втрати напруги становлять відповідно

3,23 %, 3,36 % та 4,37 %, що також відповідає вимогам ПУЕ. Для захисту та комутації мережі обрано автоматичні вимикачі номіналом 40 А, 125 А, 160 А та 250 А, а для релейного захисту — мікропроцесорні пристрої типу МРЗС-05М із уставками 150–630 А та витримкою часу 0,1–1,2 с. Система обліку електроенергії виконуватиметься із застосуванням лічильників типу NIK 2303L АРК1Т 1080 MCE, трансформаторів струму Т-0,66-250/5 класу точності 0,5S та контролерів збору даних КСД-02-08. Для системи заземлення прийнято контур із 5 вертикальних електродів Ø16 мм довжиною 2,5 м та сталевої смуги 40×4 мм, при цьому розрахунковий опір заземлення становить 2,47 Ом, що відповідає нормативним вимогам ПУЕ та ДБН.

4. У результаті виконаного техніко-економічного обґрунтування встановлено, що проєкт електропостачання є технічно доцільним та економічно обґрунтованим. Визначено, що об’єкт будівництва належить до класу наслідків (відповідальності) СС1 та ІІ категорії складності. Загальна кошторисна вартість будівництва становить 378,343 тис. грн, а прогнозований економічний збиток не перевищує нормативних значень для даного класу відповідальності. Запроєктована система забезпечує надійне електропостачання споживачів ІІІ категорії, зниження втрат електроенергії та підвищення рівня електробезпеки. Проведена оцінка впливу на навколишнє середовище підтвердила, що експлуатація об’єкта не створює негативного впливу на довкілля та відповідає вимогам чинних нормативних документів.

5. У розділі 5 розглянуто основні заходи з охорони праці, електробезпеки та пожежної безпеки при будівництві та експлуатації системи електропостачання 10/0,4 кВ об’єктів ОК «ЕКО-ДОМА». Встановлено, що реалізація проектних рішень відповідно до чинних нормативних документів України забезпечує безпечні умови праці, надійну експлуатацію електроустановок, зниження ризику аварійних ситуацій та пожеж, а також захист персоналу та населення від небезпечних факторів електричного струму.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ


1. ДСТУ EN 50341-1:2017. Повітряні лінії електропередавання понад 1 кВ змінного струму. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017.

2. ДСТУ EN 60228:2015. Провідники ізольованих кабелів. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015.

3. ДСТУ IEC 60502-1:2015. Силові кабелі з екструдованою ізоляцією та їх аксесуари на номінальну напругу до 1 кВ (Um = 1,2 кВ). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015.

4. ДСТУ EN 50525-1:2015. Кабелі силові низької напруги. Загальні вимоги. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015.

5. ДСТУ EN 50525-2-31:2015. Кабелі силові низької напруги. Кабелі з полівінілхлоридною ізоляцією. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015.

6. ДСТУ EN 62305 (усі частини). Захист від блискавки. Київ: ДП «УкрНДНЦ».

7. ДСТУ IEC 60364 (усі частини). Електроустановки будівель.

8. ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014.

9. IEC 60909. Short-circuit currents in three-phase a.c. systems.

10. ДСТУ EN 60076 (усі частини). Силові трансформатори. Київ: ДП «УкрНДНЦ».

11. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Київ: Міненерговугілля України, 2017. 760 с

12. Чумаченко С. М. Електричні мережі та системи. Харків: ХНУРЕ, 2019.

13. Праховник А. В., Левченко О. М. Електричні станції та мережі. Київ: НТУУ «КПІ», 2017.

14. Трофименко А. Д., Коваленко О. В. Повітряні лінії електропередавання: конструкції та розрахунки. Київ: НТУУ «КПІ», 2018.

15. Запольський В. М., Єфименко В. М. Електричні мережі та системи. Київ: Либідь, 2020.

16. Гончарук С. М. Проектування електричних мереж напругою 6–35 кВ. Київ: Енергоатом-Прес, 2021.

17. Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 20 лют. 2003 р. № 555-IV. Відомості Верховної Ради України. 2003. № 24. Ст. 155.

18. Козирський В. В., Каплун В. В. Системи електропостачання міст та населених пунктів : підручник. Київ : КНТ, 2018. 396 с.

19. Саченко П. В., Денисюк С. П. Проєктування розподільних електричних мереж із застосуванням самонесучих ізольованих проводів. Енергетичні технології та автоматизація. 2021. Вип. 3. С. 12–21.

20. Ткаченко О. В., Федоренко І. М. Особливості обліку та контролю якості електроенергії в котеджних містечках садибного типу. Технічна електродинаміка. 2024. № 2. С. 68–74.

21. Макаревич С. С., Волошин С. М. Електропостачання об’єктів агропромислового комплексу : метод. вказівки до виконання дипломних робіт. Київ : НУБіП України, 2022. 64 с.

22. Ликтей В. В. Надійність систем електропостачання індивідуальної забудови. Енергетика і автоматика. 2023. № 4. С. 45–52.

23. Пристрої релейного захисту серії МРЗС-05М. Технічний опис та інструкція з експлуатації / НВП «Київприлад». Київ, 2020. 72 с.

24. Лічильники електричної енергії багатофункціональні NIK 2303. Керівництво з експлуатації / ТОВ «НІК-Електроніка». Київ, 2022. 48 с.

25. Рекомендації з вибору та монтажу комплектних щоглових підстанцій ЩТП 10/0,4 кВ. Київ : ПАТ «Київобленерго», 2019. 34 с.

26. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник. Львів : Афіша, 2019. 348 с.

27. Ковальов О. М. Економічне обґрунтування інженерних рішень в енергетиці : навч. посіб. Київ : Каравела, 2023. 216 с.

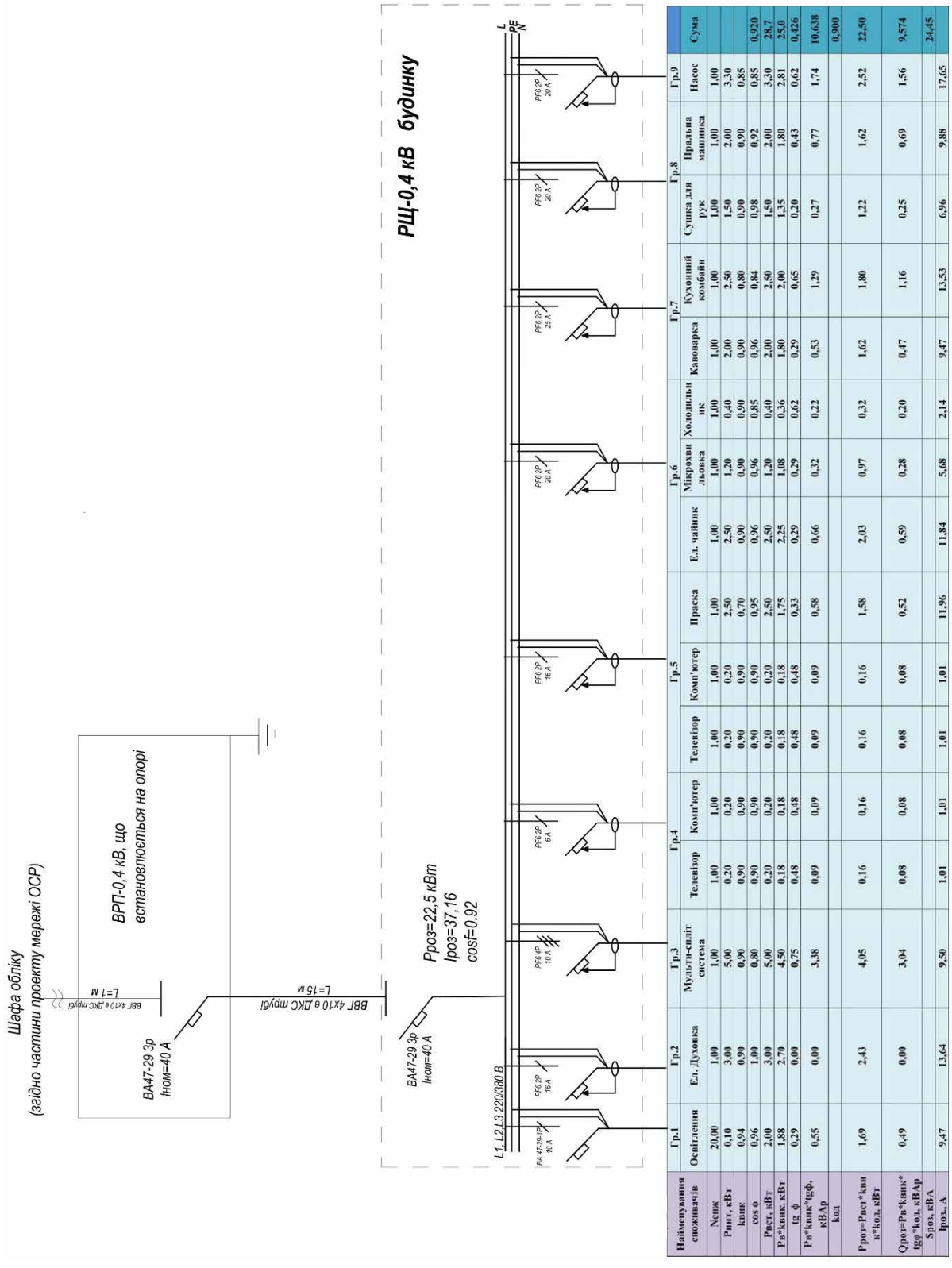
28. Настанова щодо визначення вартості будівництва : Зміна № 1 до КНУ. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 54 с.

29. Правила безпечної експлуатації електроустановок : НПАОП 40.1-1.01-97. Київ : Держнаглядохоронпраці, 1997. 215 с.

30. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги : ДБН В.1.1-7:2016. Київ : Мінрегіон України, 2016. 43 с.

# ДОДАТОК А

## Схеми електропостачання об’єкта




| Найменування споживачів | Гр.1 | Гр.2 | Гр.3 | Гр.4 | | Гр.5 | | Гр.6 | | Гр.7 | | Гр.8 | | Гр.9 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Освітлення | Ел. Духовка | Мульти-спліт система | Телевізор | Комп'ютер | Комп'ютер | Праска | Ел. чайник | Мікрохвильовка | Холодильник | Кавоварка | Кухонний комбайн | Сушка для рук | Пральна машинка | Насос | Сума |
| Ncпж | 20,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | |
| Рінт, кВт | 0,10 | 3,00 | 5,00 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 2,50 | 2,50 | 1,20 | 0,40 | 2,00 | 2,50 | 1,50 | 2,00 | 3,30 | |
| квиж | 0,94 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,70 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,80 | 0,90 | 0,90 | 0,85 | |
| cos ϕ | 0,96 | 1,00 | 0,80 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,95 | 0,96 | 0,96 | 0,85 | 0,96 | 0,84 | 0,98 | 0,92 | 0,85 | 0,920 |
| Рист, кВт | 2,00 | 3,00 | 5,00 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 2,50 | 2,50 | 1,20 | 0,40 | 2,00 | 2,50 | 1,50 | 2,00 | 3,30 | 28,7 |
| Рв*квиж, кВт | 1,88 | 2,70 | 4,50 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 1,75 | 2,25 | 1,08 | 0,36 | 1,80 | 2,00 | 1,35 | 1,80 | 2,81 | 25,0 |
| tg ϕ | 0,29 | 0,00 | 0,75 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,33 | 0,29 | 0,29 | 0,62 | 0,29 | 0,65 | 0,20 | 0,43 | 0,62 | 0,426 |
| Рв*квиж*tgф, кВАр | 0,55 | 0,00 | 3,38 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,58 | 0,66 | 0,32 | 0,22 | 0,53 | 1,29 | 0,27 | 0,77 | 1,74 | 10,638 |
| кол | | | | | | | | | | | | | | | | 0,900 |
| Рроз=Рист+квикс*кол, кВт | 1,69 | 2,43 | 4,05 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 1,58 | 2,03 | 0,97 | 0,32 | 1,62 | 1,80 | 1,22 | 1,62 | 2,52 | 22,50 |
| Qроз=Рв*квиж*tgф*кол, кВАр | 0,49 | 0,00 | 3,04 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,52 | 0,59 | 0,28 | 0,20 | 0,47 | 1,16 | 0,25 | 0,69 | 1,56 | 9,574 |
| Sроз, кВА | | | | | | | | | | | | | | | | 24,45 |
| Iроз, А | 9,47 | 13,64 | 9,50 | 1,01 | 1,01 | 1,01 | 11,96 | 11,84 | 5,68 | 2,14 | 9,47 | 13,53 | 6,96 | 9,88 | 17,65 | |

Рис. А.1 — Однолінійна схема розподільчого щита РЩ-0,4 кВ житлового будинку

| Змн | Лист | № докум. | Підпис | Лат | 02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 006 ПЗ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Розроб. | | Діденко А.Ю. | | | Схеми електропостачання об’єкта | Літ. | Арк. 1 / Аркушів 4 |
| Перевір. | | Ликтей В.В. | | | | | |
| Реценз. | | | | | | ННІ ЕАІЕ | |
| Н. Контр. | | Ликтей В.В. | | | | | |
| Затверд. | | Антипов Є.О. | | | | | |

# ДОДАТОК Б

## Конструктивні рішення елементів мережі електропостачання

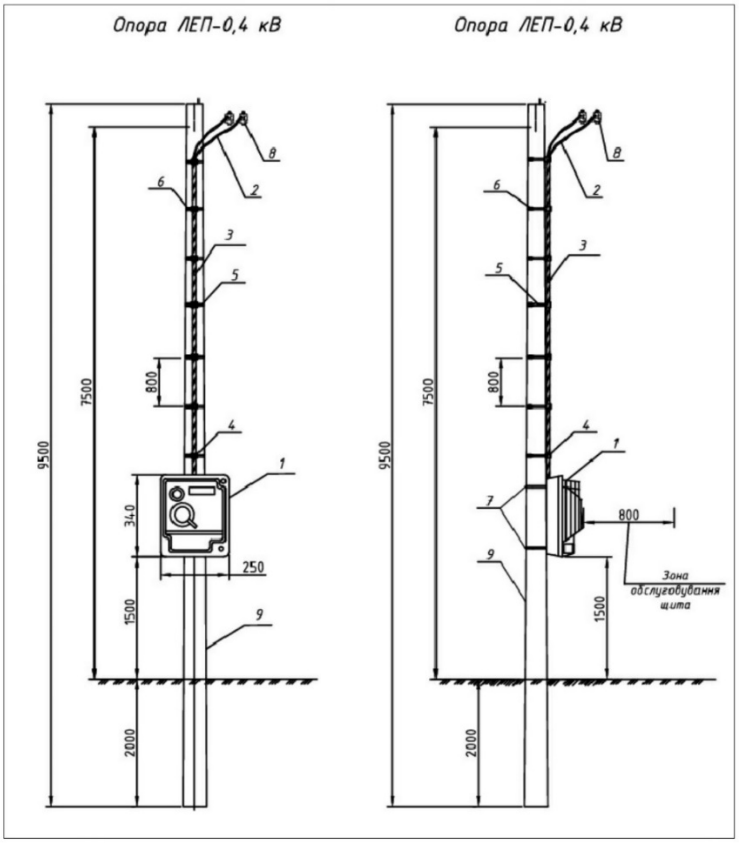



Рис. Б.1. Встановлення КДЕ-У на опору

*Таблиця Б.1*

Відомість матеріалів та обладнання за опитувальним листом КДЕ-У

| Позиція | Найменування та технічна характеристика | Тип, марка, позначення документа, опитувального листа | Одиниця виміру | Кількість |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Яшик обліку | КДЕ-У | шт | 1 |
| 2 | Провід ізольований з самоутримними жилами з алюмінію з ізоляцію з зшитого світлостабілізуючого поліетилену | AsXSn 4x16 | м | 7 |
| 3 | Труба гофрована стійка до УФ d=32 мм | d=32мм | м | 7 |
| 4 | Утримувач для кабелів | BIC 3050 | шт | 6 |
| 5 | Бандажна стрічка, L=1 м | IF 207 | шт | 7 |
| 6 | Скріпа | CF 20 | шт | 7 |
| 7 | Хомут | X1a | шт | 2 |
| 8 | Затискач проколюючий абонентський | TTD 151 | шт | 4 |
| 9 | Стійка | CB95-2 | шт | 1 |

# ДОДАТОК В

## Схема електропостачання об'єкта

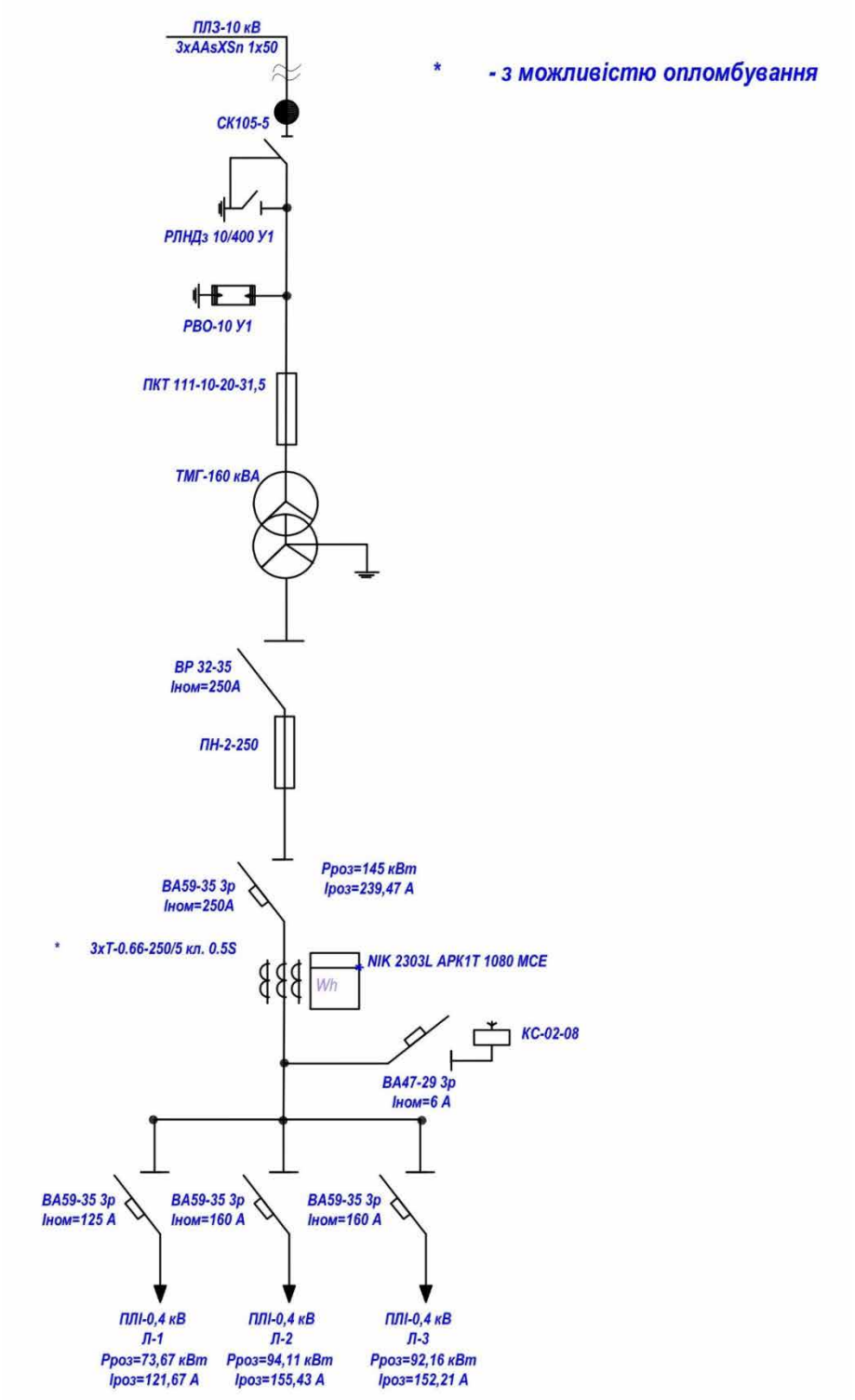
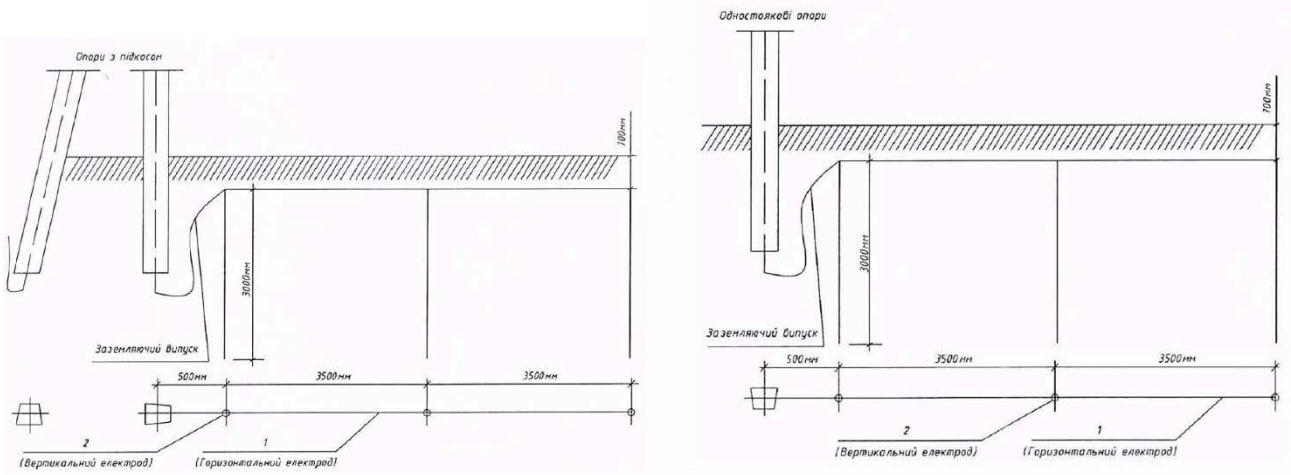



Рис. В.1. Однолінійна схема ЩТП-160/10/0,4кВ

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 006 ПЗ | | |
| Змн | Лист | № докум. | Підпис | Лат | | | |
| Розроб. | | Діденко А.Ю. | | | Схема електропостачання об'єкта | Літ. | Арк. 3 / Аркушів 4 |
| Перевір. | | Ликтей В.В. | | | | | |
| Реценз. | | | | | | ННІ ЕАІЕ | |
| Н. Контр. | | Ликтей В.В. | | | | | |
| Затверд. | | Антипов Є.О. | | | | | |

# ДОДАТОК Д

## Конструктивні рішення заземлювального пристрою




***Специфікація***

| № позиції | Найменування | Од. виміру | Кількість |
|---|---|---|---|
| 1 | Горизонтальний електрод (сталь кругла), d=12 мм | м | 7 |
| 2 | Вертикальний електрод (сталь кругла), d=16 мм, L=3 м | шт. | 3 |

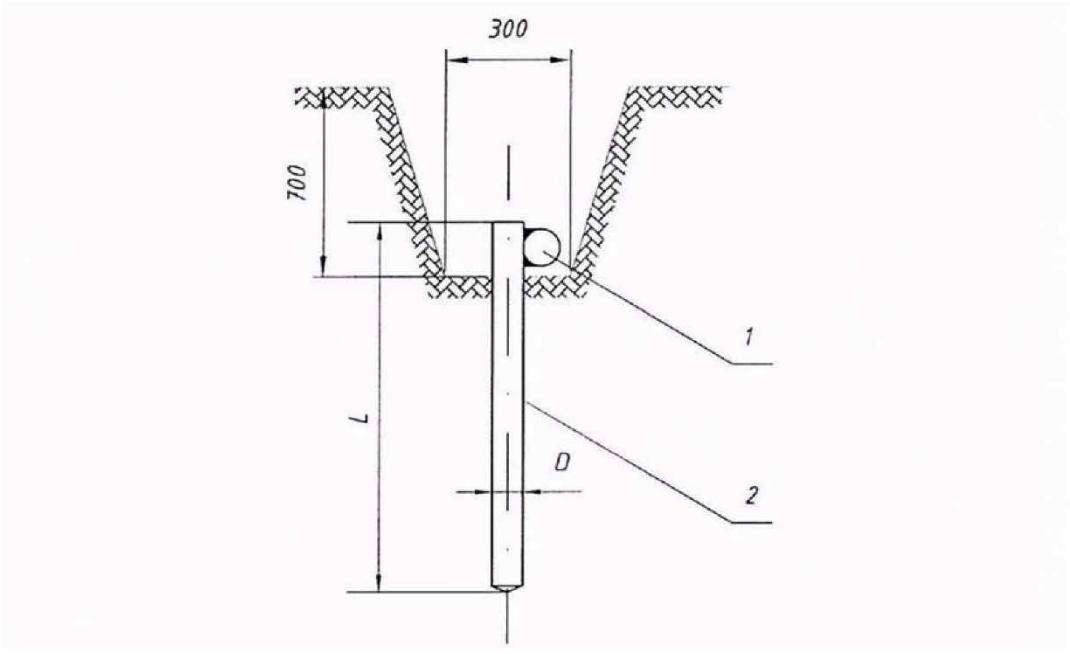



Рис. Д.1. Заземлення опори ПЛЗ-10кВ

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 006 ПЗ | | |
| *Змн* | *Лист* | *№ докум.* | *Підпис* | *Дат* | | | |
| *Розроб.* | | Діденко А.Ю. | | | Конструктивні рішення заземлювального пристрою | Літ. | Арк. 4 / Аркушів 4 |
| *Перевір.* | | Ликтей В.В. | | | | | |
| *Реценз.* | | | | | | ННІ ЕАІЕ | |
| *Н. Контр.* | | Ликтей В.В. | | | | | |
| *Затверд.* | | Антипов Є.О. | | | | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 006 ПЗ | | |
| *Змн* | *Лист* | *№ докум.* | *Підпис* | *Дат* | | | |
| *Розроб.* | | Діденко А.Ю. | | | Заземлення опори ПЛЗ-10кВ | Літ. | Арк. 5 / Аркушів 5 |
| *Перевір.* | | Ликтей В.В. | | | | | |
| *Реценз.* | | | | | | ННІ ЕАЕ | |
| *Н. Контр.* | | Ликтей В.В. | | | | | |
| *Затверд.* | | Антипов Є.О. | | | | | |