

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(інститут)

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ

(факультет)

Кафедра ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студента Тимошенко Сергія Сергійовича

(ПІБ)

академічної групи 141М-21-1

(шифр)

напряму 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

за **освітньо-професійною програмою** Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Розробка системи електропостачання котеджного комплексу

(назва за наказом ректора)

| Керівники | Прізвище, ініціали | Оцінка за шкалою | | Підпис |
|---------------------------|-----------------------|------------------|---------------|--------|
| | | рейтингов ою | інституційною | |
| кваліфікаційної роботи | Рухлова Н.Ю. | | | |
| Технічний | Рухлова Н.Ю. | | | |
| Спеціальний | Рухлова Н.Ю. | | | |
| Економічний | Тимошенко Л.В. | | | |
| Рецензент | | | | |
| Нормоконтролер | Олішевський Г.С. | | | |

Дніпро
2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

електроенергетики

(повна назва)

_____ Папайка Ю.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ року

**ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу**

ступеню магістра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Тимошенку Сергію Сергійовичу академічної групи _____
(прізвище та ініціали)

141М-21-1
(шифр)

спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка,
електромеханіка

(офіційна назва)

на Розробка системи електропостачання котеджного комплексу

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 13.09.2022 № 918-с

| Розділ | Зміст | Термін виконання |
|-------------|---|------------------|
| Технічний | Виконати розрахунок електричних навантажень | 25.10.2022 |
| Спеціальний | Розробити схему автономного електропостачання | 28.11.2022 |
| Економічний | Визначити техніко-економічні показники проекту: капітальні та експлуатаційні витрати, економічну ефективність та термін окупності | 2.12.2022 |

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

Рухлова Н.Ю.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 20.09.2022

Дата подання до екзаменаційної комісії

15.12.2022

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Тимошенко С.С.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 69 стор., 2 рис., 8 табл., 1 додаток., 8 джерел.

Об'єкт дипломного проекту: ТП-10/0,4кВ, котеджний комплексу з використанням альтернативних джерел енергії.

Предмет дослідження: нове будівництво дахових фотоелектричних станцій модульного типу.

Мета дипломної роботи: розробка системи електропостачання котеджного комплексу з використанням альтернативних джерел енергії.

У вступній частині приведені всі основні поняття та вихідні данні які потрібні для розробки проекту.

В основній частині наведено розрахунки електричних навантажень, вибір основного обладнання, розрахунок ефективності проектованої фотоелектричної станції

Економічне обґрунтування проекту виконуємо шляхом розрахунків капітальних і експлуатаційних витрат на реалізацію запропонованих заходів, а також визначені фонд заробітної плати персоналу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТРАНСФОРМАТОР СИЛОВИЙ ГЕРМЕТИЧНИЙ, РОЗРАХУНКОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ, КОЕФІЦІЄНТ УЧАСТІ В МАКСИМУМІ, СТРУМ ТРИФАЗНОГО КЗ, АВТОМАТИЧНИЙ ВИМИКАЧ, АСКУЄ, ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ПАНЕЛІ, СОНЯЧНА ІРРАДІАЦІЯ, ГЕНЕРАЦІЯ, АКУММУЛЯТОРНІ БАТАРЕЇ.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ | 5 |
| 1. Коротка характеристика об'єкту. | 5 |
| 1.1 Функціонування та надійність. | 5 |
| 1.2 Визначення основних задач при проектуванні системи електропостачання. | 8 |
| 2. Технічний розділ . | 9 |
| 2.1.1 Розрахунок активного та реактивного навантаження споживачів. | 9 |
| 2.1.2 Розрахунок навантажень двоповерхової будівлі: | 10 |
| 2.2 Визначення розрахункових навантажень котеджів першого типу. | 14 |
| 2.2.1 Визначення розрахункових навантажень котеджів другого типу. | 15 |
| 2.2.2 Визначення розрахункових навантажень котеджів третього типу. | 17 |
| 2.2.3 Визначення розрахункового навантаження пункту охорони. | 19 |
| 2.2.4 Санітарно технічні установки. | 20 |
| 2.2.5 Розрахунок сумарного розрахункового навантаження котеджного комплексу. | 21 |
| 2.3 Вибір обладнання КТП-10/0,4кВ. | 23 |
| 2.3.1 Розрахунок та вибір силового трансформатору 10/0,4кВ | 23 |
| 2.3.2 Розрахунок струму трифазного КЗ для моменту часу $t=0с$. | 24 |
| 2.3.3 Розрахунок теплового імпульсу | 26 |
| 2.3.4 Вибір обладнання РУ-10кВ. | 26 |
| 2.4. Вибір обладнання трансформаторної комірки РУ-10кВ. | 27 |
| 2.4.1 Вибір обладнання ввідної комірки РУ-10кВ. | 29 |
| 2.4.2 Вибір трансформатора напруги. | 29 |
| 2.4.3 Вибір ошинування КТП на рівні напруги 10 кВ. | 30 |
| 2.4.4 Вибір обладнання розподільчого устаткування 0,4кВ КТП. | 31 |
| 2.4.5 Вибір обладнання трансформаторних комірок РУ-0,4кВ. | 31 |
| 2.4.6 Вибір обладнання розподільчих комірок РУ-0,4кВ. | 34 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.5 | Визначення основних схем ввідно-розподільчих щитів 0,4кВ котеджей. | 36 |
| 2.5.1 | Вибір ввідних автоматичних вимикачів ВРЩ котеджів. | 37 |
| 2.5.2 | Вибір устакунання для контролю даних. | 38 |
| 3. | Спеціальний розділ . | 40 |
| 3.1.1 | Розрахунок потужності модульних фотоелектричних станцій. | 40 |
| 3.1.2 | Визначення потужності фотоелектричної станції комплексу площею даху 400м ² . | 41 |
| 3.1.3 | Визначення потужності фотоелектричної станції котеджу з площею даху 250м ² . | 44 |
| 3.1.4 | Визначення потужності фотоелектричної станції котеджу з площею даху 100м ² . | 47 |
| 3.1.5 | Визначення потужності фотоелектричної станції котеджу з площею даху 50м ² . | 49 |
| 3.1.6 | Вибір автоматичних вимикачів для підключення інверторів. | 52 |
| 3.2 | Розрахунок продуктивності фотоелектричної станції. | 53 |
| 3.2.1 | Розрахунок необхідної ємності акумуляторних батарей. | 57 |
| 4 | Економічна частина. | 58 |
| 4.1 | Розрахунок капітальних витрат. | 58 |
| 4.2 | Розрахунок експлуатаційних витрат. | 62 |
| | Висновок | 66 |
| | Список використаної літератури | 68 |
| | Додаток А | 69 |

Вступ.

1. Коротка характеристика об'єкту.

У зв'язку з розвитком туризму в Україні, а саме в Закарпатті, мною було запропоновано спроектувати систему електропостачання котеджного комплексу з використанням відновлювальних джерел енергії.

Котеджний комплекс являє собою базу відпочинку, яка складається з двох двоповерхових будівель з готелем, рестораном та адміністративними приміщеннями, та 18-ти котеджами різних типів та різної комфортабельності, розташованих на березі озера Синевір в Закарпатській області.

Кожна будівля в комплексі матиме електропостачання від збудованої комплектної трансформаторної підстанції, та від фотоелектричних панелей на даху кожної будівлі, за-для зменшення навантаження на комплекс та економії коштів.

1.1 Функціонування та надійність.

Будівництво сонячної електростанції насамперед сприяє поліпшенню екології що є всесвітнім трендом в енергетиці. Встановлення СЕС на висоті 989м від рівня моря, має гарні перспективи за рахунок збільшеної сонячної ірадіації в гірській місцевості. Автономна робота котеджів під час ранкових та вечірніх максимумів сприятиме розвантаженню електричної системи³, а всю аккумуляовану енергію можна використати на обігрів жител.

Будівництво більшої кількості малогабаритних котеджів першого типу та готелю по відношенню до котеджів другого та третього типу має бути більш доступним, та стимулювати бізнес в не сезонні пори року.

Спорудження трансформаторної підстанції на ділянці з використанням екологічних сухих або герметичних трансформаторів має забезпечувати енергією котеджний комплекс в не залежності від генерації СЕС.

Електропостачання трансформаторної підстанції забезпечується за рахунок повітряної лінії 10 кВ від найближчого розподільчого пункту. Орієнтовна довжина ПЛ-10кВ – 7 км.

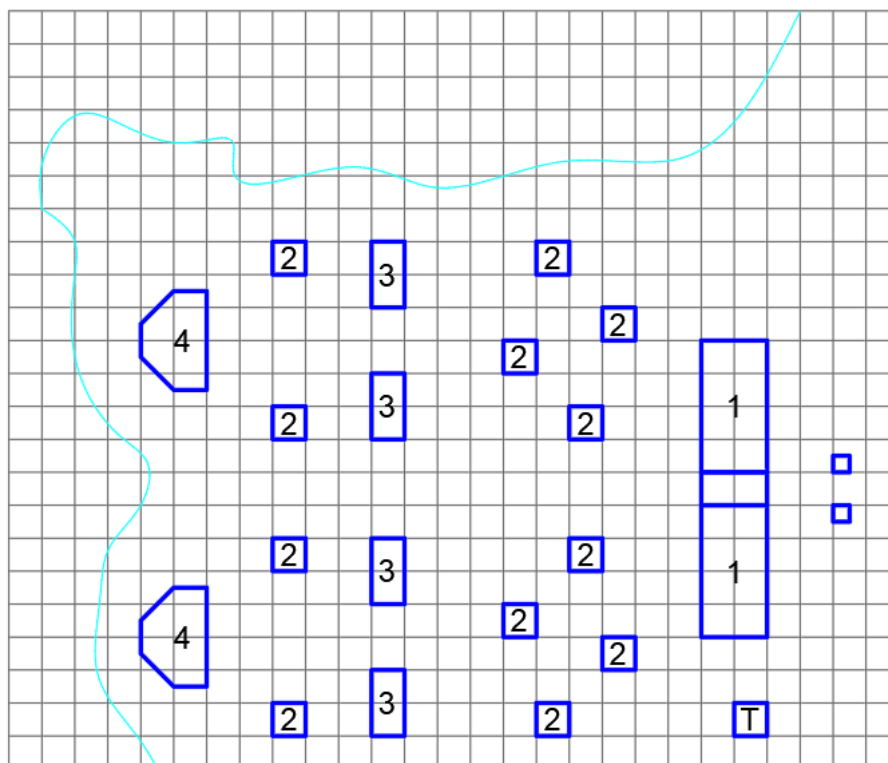


Рис.1 – Ситуаційний план

Табл.1. Умовні позначення до ситуаційного плану

| Номер будівлі за планом | Класифікація будівлі |
|-------------------------|---|
| 1 | Двоповерхова будівля, з готелем та рестораном |
| 2 | Котедж 1-го типу, площею до 95м ² |
| 3 | Котедж 2-го типу, площею до 150м ² |
| 4 | Котедж 3-го типу, площею до 300м ² |
| 5 | Пункт охорони |
| Т | Трансформаторна підстанція |

1.2 Визначення основних задач при проектуванні системи електропостачання котеджного комплексу.

Розподіляємо основні задачі по рівню напруги, та по чергово їх вирішуємо.

Рівні напруги з якими ми маємо працювати :

- 10кВ (змінний струм) – зовнішнє електропостачання КТП;
- 0,4кВ(змінний струм) – зовнішнє електропостачання котеджів;
- 0,22/0,38 (змінний струм) – внутрішні мережі котеджів;
- (постійний струм) – фотоелектричні панелі.

Для будівництва трансформаторної підстанції необхідно визначити розрахункове навантаження комплексу для вибору силового трансформатора.

Після визначення розрахункового навантаження необхідно визначити втрати в повітряній лінії 10 кВ для визначення остаточного навантаження з урахуванням втрат потужності в лінії.

Після вибору трансформатора, необхідно визначити схемку головних електричних з'єднань 10кВ трансформаторної підстанції, та вибрати потрібну апаратуру.

Побудова схеми електричних з'єднань 0,4кВ повинна виконуватись з урахуванням всіх споживачів котеджного комплексу.

Електропостачання котеджів запропоновано виконувати кабельними лініями від трансформаторної підстанції до ВРЩ котеджів.

Схема ВРЩ-0,4кВ обирається з урахуванням всіх споживачів даного котеджу та підключенням дахової СЕС і акумулюючих пристроїв. Розрахункова потужність СЕС, та ємність акумулюючих пристроїв обирається виходячі з корисної площі даху будівлі.

2 Технічні розрахунки .

2.1.1 Розрахунок активного та реактивного навантаження споживачів підстанції.

Вихідними даними для розрахунку електричних навантажень на шинах підстанції для вибору трансформатора є характеристики і тип споживачів. Розрахунок електричних навантажень проводимо відповідно до нормативного документа ДБН В 2.5-23-2010.

Котеджний комплекс складається з:

1. Дві двоповерхові будівлі зі спільним дахом, кожна з яких площею 800m^2 та мають в своєму складі: адміністративні приміщення, технічні приміщення, ресторан, зали відпочинку на першому поверсі, та житла площею до 45m^2 на другому поверсі;
2. Дванадцять котеджів загальною площею до площею до 150m^2 ;
3. Шість котеджів загальною площею від 150m^2 до 300m^2 ;
4. Пункт охорони;
5. Санітарно-технічну установку (скважина та насосна станція).

Споживачі електричної енергії котеджного комплексу (житла) належать до третьої категорії електропостачання та поділяються на три групи, кожна з яких має повне електроопалення та електричні плити.

До споживачів першої групи входять житла загальною площею до 95m^2 з електричними плитами потужністю до $8,5\text{кВт}$ та повним електроопаленням.

До споживачів другої групи входять котеджі загальною площею до 150m^2 з електричними плитами до $10,5\text{кВт}$ та повним електроопаленням.

До споживачів третьої групи входять котеджі загальною площею від 150м² до 300 м², з електричними плитами до 10,5 кВт та повним електроопаленням.

Табл.2 - склад і характеристики споживачів.

| Номер за планом | Споживач | Характеристика споживача | Група електропостачання |
|-----------------|----------------------|--|---|
| 1 | Двоповерхова будівля | 2-поверхова будівля з повним електроопаленням, електричними плитами до 8,5кВт, загальною площею 800м ² | Змішана. Житлова частина належить до 1-шої групи. |
| 2 | Котедж тип №1 | 1-но поверхова будівля з повним електроопаленням, електриною плитою до 8,5кВт, загальною площею 95м ² | Перша група |
| 3 | Котедж тип №2 | 1-но поверхова будівля з повним електроопаленням, електриною плитою до 10,5кВт, загальною площею 150м ² | друга група |
| 4 | Котедж тип №3 | 1-но поверхова будівля з повним електроопаленням, електриною плитою до 10,5кВт, загальною площею 300м ² | Третя група |
| 5 | Пункт охорони | 1-но поверхова будівля з повним електроопаленням, загальною площею 20м ² | Змішана |

2.1.2 Розрахунок навантажень двоповерхової будівлі:

Для визначення розрахункового навантаження двоповерхової будівлі умовно розділяємо її на дві частини, житлову та адміністративну.

До адміністративних приміщень відносяться: рецепція, технічні приміщення, ресторан, зали відпочинку.

До житлової частини належать та житла площею до 45м² з повним електроопаленням, електричними плитами до 8,5кВт.

Розрахункове активне навантаження доповерхової будівлі дорівнює:

$$P_{p1} = P_{\text{поверх1}} + P_{\text{поверх2}};$$

Де, $P_{\text{поверх1}}$ - розрахункове активне навантаження першого поверху;

$P_{\text{поверх2}}$ - розрахункове активне навантаження другого поверху.

Визначимо розрахункове навантаження першого поверху.

Згідно до п.3.37 (ДБН В. 2.5-23-2010), визначення електричних навантажень допускається виконувати за укрупненими питомими електричними навантаженнями що наведені в таблиці табл. 3.15 (ДБН В. 2.5-23-2010) :

$$P_{\text{поверх1}} = P_0 * N;$$

Де – P_0 – питома розрахункова навантаження, яке обирається з таблицею 3.15 (ДБН В. 2.5-23-2010), та залежить від максимальної кількості відвідувачів;

N – кількість відвідувачів.

З урахування на те що двоповерхова будівля яка має на другому поверсі 8 кімнат, з максимальним розміщенням осіб рівним 2 дорослих та дві дитини визначаємо що максимальна кількість відвідувачів дорівнює 32 людини.

Обираємо необхідне питома навантаження для готелю без активної вентиляцією з таблиці 3.15 (ДБН В. 2.5-23-2010), $P_0=0,35$

$$P_{\text{поверх1}} = 0,35 * 32 = 11,2 \text{ кВт};$$

По таблиці 3.15 (ДБН В. 2.5-23-2010) приймаємо для даного типу готелю) коефіцієнт: $\cos\varphi = 0,85$.

Визначаємо розрахункове реактивне навантаження першого поверху двоповерхової будівлі:

$$Q_{\text{поверх1}} = P_{\text{поверх1}} * \operatorname{tg}\varphi = 11,2 * 0,62 = 6,9 \text{ кВАР};$$

Визначимо розрахункове навантаження другого поверху.

Згідно до п.3.3 (ДБН В. 2.5-23-2010), визначення електричних навантажень жител першого рівня електропостачання площею до 45м² з електричними плитами потужністю до 8,5 кВт та повним електроопаленням допускається виконувати за укрупненими питомими електричними навантаженнями що наведені в таблиці табл. 3.1, та формули 4 п. 3.8 (ДБН В. 2.5-23-2010).

$$P_{\text{поверх2}} = P_0 * N * K_{\text{од}};$$

Де, P_0 – питома розрахункове навантаження, яке обирається з таблицею 3.1 (ДБН В. 2.5-23-2010), та залежить від рівня електрифікації житла;

N – кількість квартир;

$K_{\text{од}}$ – коефіцієнт одночасності, який обирається з таблицею 3.4 (ДБН В. 2.5-23-2010), та залежить від кількості квартир (жител).

Обираємо необхідне питоме навантаження для житла першого виду третього рівня електрифікації, з електроплитами потужністю до 8,5кВт, для кількості жител рівним 32 з таблиці 3.11 (ДБН В. 2.5-23-2010), $P_0=2,55\text{кВт}$.

Коефіцієнт одночасності для кількості жител рівним 32 з таблиці 3.4 (ДБН В. 2.5-23-2010), $K_{од}=0,21$.

$$P_{\text{поверх2}} = 2,55 * 32 * 0,21 = 17,13 \text{ кВт};$$

По таблиці 3.6 (ДБН В. 2.5-23-2010) приймаємо для даного типу готелю) коефіцієнт: $\cos\varphi = 0,93$.

Визначаємо розрахункове реактивне навантаження другого поверху двоповерхової будівлі:

$$Q_{\text{поврех2}} = P_{\text{поврех2}} * tg\varphi = 17,13 * 0,4 = 6,85 \text{ кВАР};$$

Повне розрахункове навантаження двоповерхової будівлі :

$$\begin{aligned} S_{p1} &= \sqrt{(P_{\text{поврех1}} + P_{\text{поврех2}})^2 + (Q_{\text{поврех1}} + Q_{\text{поврех2}})^2} = \\ &= \sqrt{(11,2 + 17,13)^2 + (6,9 + 6,85)^2} = 31,49\text{кВА}. \end{aligned}$$

2.2 Визначення розрахункових навантажень котеджів першого типу.

Котеджі першого типу являють собою 1-но поверхові будівлі з повним електроопаленням, з електричною плитою до 8,5 кВт, загальною площею до 95м².

Згідно до п.3.3 (ДБН В. 2.5-23-2010), котеджі першого типу відносяться до третього рівня електрифікації. Електричні навантаження жител третього рівня електропостачання визначаються за таблицею 3.1 табл. (ДБН В. 2.5-23-2010).

Питоме розрахункове навантаження одного котеджу приведенне до вводу в будівлю:

$$P_{\text{пит.р.к1}} = 12 \text{ кВт};$$

Для визначення розрахункового навантаження від групи котеджів першого типу, які являються житлами третього рівня електрифікації визначається за формулою 4 п. 3.8 (ДБН В. 2.5-23-2010).

$$\sum P_{\text{р.к1}} = P_{\text{пит.р.сумм.к1}} * N;$$

Де, $P_{\text{пит.р.сумм.к1}}$ – питоме розрахункове навантаження, яке обирається з таблицею 3.1 (ДБН В. 2.5-23-2010), та залежить від рівня електрифікації житла та кількості жител;

N – кількість котеджів;

За умови що кількість котеджів першого типу 12 шт., то ,

$$P_{\text{пит.р.сумм.к1}} = 4,51 \text{ кВт};$$

$$\sum P_{\text{р.к1}} = 4,51 * 12 = 54,12 \text{ кВт};$$

По таблиці 3.6 (ДБН В. 2.5-23-2010) приймаємо для даного типу) коефіцієнт: $\cos\varphi = 0,98$.

Визначаємо розрахункове реактивне навантаження котеджів першого типу:

$$Q_{\text{р.к1}} = P_{\text{р.к1}} * \text{tg}\varphi = 54,12 * 0,2 = 10,8 \text{ кВАР};$$

Повне розрахункове навантаження котеджів першого типу:

$$S_{\text{рк1}} = \sqrt{P_{\text{р.к1}}^2 + Q_{\text{р.к1}}^2} = \sqrt{54,12^2 + 10,8^2} = 55,18 \text{ кВА}.$$

2.2.1 Визначення розрахункових навантажень котеджів другого типу.

Котеджі другого типу являють собою 1-но поверхові будівлі з повним електроопаленням, з електричною плитою до 10,5кВт, загальною площею до 150м².

Згідно до п.3.3 (ДБН В. 2.5-23-2010), котеджі другого типу відносяться до другого рівня електрифікації, з електроплитами до 10,5кВт. Електричні

навантаження жител другого електропостачання визначаються за таблицею 3.1 табл. (ДБН В. 2.5-23-2010).

Питоме розрахункове навантаження одного котеджу приведене до вводу в будівлю:

$$P_{\text{пит.р.к2}} = 16 \text{ кВт};$$

Для визначення розрахункового навантаження від групи котеджів другого типу, які являються житлами другого рівня електрифікації визначається за формулою 4 п. 3.8 (ДБН В. 2.5-23-2010).

$$\sum P_{\text{р.к2}} = P_{\text{пит.р.сумм.к2}} * N;$$

Де, $P_{\text{пит.р.сумм.к2}}$ – питоме розрахункове навантаження, яке обирається з таблицею 3.1 (ДБН В. 2.5-23-2010), та залежить від рівня електрифікації житла та кількості жител;

N – кількість котеджів;

За умови що кількість котеджів другого типу 4 шт., то ,

$$P_{\text{пит.р.сумм.к2}} = 13,5 \text{ кВт};$$

$$\sum P_{\text{р.к2}} = 13,5 * 4 = 54 \text{ кВт};$$

По таблиці 3.6 (ДБН В. 2.5-23-2010) приймаємо для даного типу) коефіцієнт: $\cos\varphi = 0,98$.

Визначаємо розрахункове реактивне навантаження котеджів другого типу:

$$Q_{p.k2} = P_{p.k2} * tg\varphi = 54 * 0.2 = 10 \text{ кВАР};$$

Повне розрахункове навантаження котеджів другого типу:

$$S_{p.k2} = \sqrt{P_{p.k2}^2 + Q_{p.k2}^2} = \sqrt{54^2 + 10^2} = 54,91 \text{ кВА}.$$

2.2.2 Визначення розрахункових навантажень котеджів третього типу.

Котеджі третього типу являють собою 2-во поверхові будівлі з повним електроопаленням, з електричною плитою до 10,5кВт, загальною площею до 300м².

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

Орієнтовні питомі розрахункові навантаження жител 3-го виду (котеджів), в тому числі з повним електроопаленням постійного включення, наводяться в таблиці Д1 (ДБН В. 2.5-23-2010).

Питоме розрахункове навантаження одного котеджу приведенне до вводу в будівлю:

$$P_{\text{пит.р.к3}} = 20 \text{ кВт};$$

Для визначення розрахункового навантаження від групи котеджів третього типу, які являються житлами другого рівня електрифікації визначається за формулою 4 п. 3.8 (ДБН В. 2.5-23-2010).

$$\sum P_{\text{р.к3}} = P_{\text{пит.р.сумм.к3}} * N;$$

Де, $P_{\text{пит.р.сумм.к3}}$ – питоме розрахункове навантаження, яке обирається з таблицею Д1 (ДБН В. 2.5-23-2010);

N – кількість котеджів;

За умови що кількість котеджів другого типу 2 шт., то ,

$$P_{\text{пит.р.сумм.к2}} = 18,3 \text{ кВт};$$

$$\sum P_{\text{р.к3}} = 18,3 * 2 = 36,6 \text{ кВт};$$

По таблиці 3.6 (ДБН В. 2.5-23-2010) приймаємо для даного типу) коефіцієнт: $\cos\varphi = 0,98$.

Визначаємо розрахункове реактивне навантаження котеджів третього типу:

$$Q_{\text{р.к3}} = P_{\text{р.к3}} * tg\varphi = 36,6 * 0,2 = 7,2 \text{ кВАР};$$

Повне розрахункове навантаження котеджів третього типу:

$$S_{\text{ркз}} = \sqrt{P_{\text{ркз}}^2 + Q_{\text{ркз}}^2} = \sqrt{36,6^2 + 7,2^2} = 37,3 \text{кВА.}$$

2.2.3 Визначення розрахункового навантаження пункту охорони.

Пункт охорони являє собою двокімнатну будівлю з сан. узлом площею 32м².

Згідно до п. 3.20 (ДБН В. 2.5-23-2010) розрахункове навантаження адміністративних будівель визначається як сумарне навантаження електроприладів які підключені до мережі, навантаження розеток та робочого освітлення.

Розрахункове навантаження пункту охорони:

$$P_{\text{кпп}} = P_{\text{осв.}} + P_{\text{роз.}} + P_{\text{шлагбаум}};$$

Де, $P_{\text{осв.}}$ - розрахункове навантаження мереж освітлення;

$P_{\text{роз.}}$ - розрахункове навантаження розеточних груп;

$P_{\text{шлагбаум}}$ - розрахункове навантаження шлагбауму.

Розрахункове навантаження мереж освітлення згідно до п. 3.20 (ДБН В. 2.5-23-2010) :

$$P_{\text{осв.}} = P_{\text{осв.уст.}} * K_{\text{поп}};$$

Де, $P_{\text{осв.уст.}}$ - установлена потужність освітлення, з розрахунку 1кВт/м²;

$K_{\text{поп}}$ - коефіцієнт попиту робочого освітлення залежно від його встановленої потужності. п. 3.7 (ДБН В. 2.5-23-2010)

$$P_{\text{осв.}} = 3,2 * 0,9 = 2,88 \text{ кВт};$$

Розрахункове навантаження розеточних груп згідно до п. 3.20 (ДБН В. 2.5-23-2010) :

$$P_{\text{роз.}} = P_{\text{ном.}} * N * K_{\text{поп}};$$

Де, $P_{\text{ном.}}$ - встановлена потужність розетки, що приймається 0,08 кВт;

N – кількість розеток (15шт.);

$K_{\text{поп}}$ - розрахунковий коефіцієнт попиту, прийнятий за таблицею 3.8 (ДБН В. 2.5-23-2010)

$$P_{\text{роз.}} = 0,08 * 15 * 1 = 1,2 \text{ кВт};$$

Розрахункове навантаження пункту охорони;

$$P_{\text{кпп}} = 2,88 + 1,2 + 1,6 = 5,68 \text{ кВт};$$

2.2.4 Санітарно технічні установки.

На об'єкті будівництва передбачено встановлення насосної станції зі скаваженою, для централізованого водопостачання котеджного комплексу.

Насосна станція буде використовувати два насоси потужністю по 5,5кВт.

Визначаємо розрахункове активне навантаження санітарно технічних установок:

$$P_{p.nac.} = \sum P_{nac} * K_{пnac} = 2 * 5,5 * 1 = 11 \text{ кВт};$$

де $K_{п.nac} = 1$ - коефіцієнт попиту насосів відповідно до таблиці 3.11 (ДБН В. 2.5-23-2010).

Визначаємо розрахункове реактивне навантаження санітарно технічних установок:

$$Q_{nac} = P_{p.nac.} * tg\varphi = 11 * 0,75 = 8,25 \text{ кВАР};$$

По таблиці 3.6 (ДБН В. 2.5-23-2010) знаходимо $\cos\varphi = 0,8$; $tg\varphi = 0,75$.

2.2.5 Розрахунок сумарного розрахункового навантаження котеджного комплексу.

Розрахункове навантаження від групи жител з різними питомими навантаженнями приведені до лінії живлення, вводу в житловий будинок, шин 0,4 кВ трансформатора 10(6)/0,4 кВ, за загальної кількості приєднаних жител 30 і більше, слід визначати за спрощеною формулою п. 3.9 (ДБН В. 2.5-23-2010).

Розділяємо споживачів котеджного комплексу на три частини, житлова, адміністративна, та силове електрообладнання.

$$P_{загальне} = (P_{поверх2} * 2 + P_{р.к1} + P_{р.к2} + P_{р.к3}) * K_{одн1} + (P_{поверх1} * 2 + P_{кпп}) * K_{одн2} + P_{p.nac.} * K_{одн3};$$

Де, $P_{поверх1}$ - розрахункова активна потужність другого першого двоповерхової будівлі, (11,2кВт);

$P_{поверх2}$ - розрахункова активна потужність другого поверху двоповерхової будівлі, (17,3кВт);

$P_{p.k1}$ – сумарна розрахункова активна потужність катеджів першого типу, (54,12кВт);

$P_{p.k2}$ – сумарна розрахункова активна потужність катеджів другого типу, (54кВт);

$P_{p.k3}$ – сумарна розрахункова активна потужність катеджів третього типу, (36,6кВт);

$P_{кпп}$ – розрахункова активна потужність пункту охорони, (5,68кВт);

$P_{p.нас.}$ - розрахункова активна потужність насосної станції (11кВт);

$K_{одн1}$ - коефіцієнт одночасності для кількості жител з різним питомим навантаженням, табл. 3.4 (ДБН В. 2.5-23-2010), (0,23);

$K_{одн2}$ - коефіцієнт участі в максимумі навантажень для установ адміністративного управління по відношенню до готелю, табл. 3.14 (ДБН В. 2.5-23-2010), (0,7);

$K_{одн3}$ - коефіцієнт участі в максимумі навантажень для підприємств побутового обслуговування по відношенню до готелю, табл. 3.14 (ДБН В. 2.5-23-2010), (0,7);

$$P_{загальне} = (17,3 * 2 + 54,12 + 54 + 36,6) * 0,23 + (11,2 * 2 + 5,98) * 0,7 + 11 * 0,7 = 68,80\text{кВт}$$

Загальне розрахункове реактивне навантаження:

$$Q_{загальне} = P_{загальне} * tg\varphi = 68,80 * 0,2 = 13,76 \text{кВАР};$$

Повне розрахункове навантаження котеджного комплексу:

$$S_{pp} = \sqrt{P_{загальне}^2 + Q_{загальне}^2} = \sqrt{68,8^2 + 13,76^2} = 70,16\text{кВА}.$$

2.3 Вибір обладнання КТП-10/0,4кВ.

До встановлення передбачено улаштування комплектної трансформаторної підстанції з повітряним вводом 10кВ. Проектована КТП-10/0,4кВ складається з РУ-10кВ, трансформаторного відсіку та РУ-0,4кВ.

2.3.1 Розрахунок та вибір силового трансформатору 10/0,4кВ

Розрахункова формула вибору трансформатора

$$S_{\text{т}} \geq \frac{\sqrt{P_{\text{п}}^2 + Q_{\text{п}}^2}}{1,4} = \frac{\sqrt{68,8^2 + 13,76^2}}{1,4} = 50,11 \text{ кВА}$$

Запропоновано встановити силовий масляний герметичний трансформатор потужністю 63кВА, ТМГ-63/10/0,4 УЗ виробництва заводу «Укрелектроапарат» зі звичайними втратами холостого ходу, та з шинними контактними виводами для приєднань шин низької напруги (НН) та з контактом для кабельного підключення обмоток високої напруги (ВН).

Приймаємо до установки два трансформатори ТМГ-63-10/0,4кВ, з номінальною потужністю 63кВА. З урахування на те що один трансформатор буде знаходитися в резерві на випадок ремонтних чи обслуговуючих робіт.

Визначаємо розрахункові струми на кожному рівні напруги силового трансформатора:

Розрахунковий струм на стороні 0,4 кВ

$$I_{\text{HH}} = \frac{S_{\text{T}}}{\sqrt{3} * U_{\text{HH}} * \cos f} = \frac{63}{1,73 * 0,38 * 0,92} = 104,16 \text{ A},$$

Розрахунковий струм на стороні 10 кВ

$$I_{\text{BH}} = \frac{S_{\text{T}} * K_{\text{З}}}{\sqrt{3} * U_{\text{BH}} * \cos f} = \frac{63}{1,73 * 10 * 0,92} = 3,95 \text{ A}$$

2.3.2 Розрахунок струму трифазного КЗ для моменту часу $t=0\text{с}$.

Для подальшого вибору обладнання та провідникової продукції необхідно визначити розрахунковий струм трифазного КЗ з урахуванням опору трансформатора.

Розрахунок буде виконуватись наближеним зведенням у відносних одиницях виміру. Приймаємо базисні умови:

Базисна потужність: $S_{\text{б}}=100\text{MVA}$;

Базисна напруга: $U_{\text{б1}}=10,5\text{kV}$, базисний струм: $I_{\text{б1}}=5,5 \text{ кА}$;

Базисна напруга: $U_{\text{б2}}=0,4\text{kV}$, базисний струм: $I_{\text{б2}}=144,5 \text{ кА}$;

Струм трифазного КЗ на шинах РП в максимальному режимі: 5539А, (для нашого випадку цей параметр можна враховувати як струм КЗ від системи).

Знайдемо періодичний струм трифазного КЗ в точці $K_2^{(3)}$:

Опір контактних з'єднань, автоматичних вимикачів та рубильників не враховуємо, так як він значно менший від параметрів лінії та трансформатору.

Опір системи:

$$x_c = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} * U_{\delta 2} * I_{K3}} = \frac{100}{1,73 * 0,4 * 5539} = 0,026 \text{ у. о.},$$

Опір трансформатору:

$$x_T = \frac{\Delta U_k * S_{\delta}}{100 * S_{HT}} = \frac{6,5 * 100}{100 * 0,063} = 103,7 \text{ у. о.},$$

де u_k – напруга короткого замикання трансформатора, %; S_{HT} – номінальна потужність трансформатора, МВА.

Сумарний опір до точки КЗ

$$x_{*рез} = x_{*бТ} + x_{*с} = 0,026 + 103,7 = 103,9 \text{ у. о.}$$

Періодичний струм трифазного КЗ³⁾:

$$I_{п.Т=0} = \frac{E_c * I_{\delta 2}}{x_{рез}} = \frac{1 * 144,5}{103,9} = 1,39 \text{ кА}$$

Аперіодичний струм трифазного КЗ в точці К₂⁽³⁾:

$$i_{aT=0} = \sqrt{2} * I_{п.Т=0} * e^{-\frac{T}{T_a}} = \sqrt{2} * 1,39 * e^{-\frac{0,05}{0,05}} = 0,71 \text{ кА}$$

Ударний струм в точці К₂⁽³⁾:

$$i_y = \sqrt{2} * I_{п.Т=0} * k_y = \sqrt{2} * 1,39 * 1,95 = 3,79 \text{ кА}$$

2.3.3 Розрахунок теплового імпульсу

Перевірка апаратів, шин і кабелів на термічну стійкість оцінюється по найбільшому тепловому імпульсу струму B_k при КЗ.

$$B_k = I_{n0}^2 (t_b + T_a) = 1,39^2 * (0,015 + 0,05) = 0,38 \text{ кА}^2\text{с}$$

Час дії (час вимикання) струму КЗ в t складається з повного часу вимикання вимикача і часу дії основного релейного захисту

$$t_b = t_{п.в} + t_{рз} = 0,05 + 0,01 = 0,015\text{с}$$

Час дії релейного захисту може бути прийнятим: для вимикачів тупикових приєднань $t_{рз}=0,01$ с.

2.3.4 Вибір обладнання РУ-10кВ.

Розподільче устаткування 10кВ складається з чотирьох комірок типу КСО-393, у складі: ввідна комірка 10кВ, дві трансформаторні комірки та комірка з трансформатором напруги

2.4 Вибір обладнання трансформаторної комірочки РУ-10кВ.

Даним проектом запропоновано встановити трансформаторні комірочки типу КСО-393 з номером виконання головних схем №03. Цей варіант виконання головних схем включає в себе: вимикач навантаження, запобіжник та додатково встановлений обмежувач перенапруг для захисту нейтралі трансформатора від грозових перенапруг.

Вибір вимикача навантаження.

У зв'язку з тим що проєктований об'єкт – це трансформаторна підстанція з відносно невеликою пропускною здатністю тому доцільно встановлювати вимикачі навантаження які слугують для відключення мережі від трансформатора. Тому приймаємо до встановлення вимикачі типу ВНА-10-630А УЗ.

Вимикачі навантаження перевіряються за наступними вимогами:

- за номінальною напругою $U_{\text{ном}} \leq U_{\text{ном.вим.}}$;
- за номінальним струмом $I_{\text{ном.нав}} \leq I_{\text{ном.вим.}}$.

Проектований вимикач ВНА-630-10 з наступними характеристиками:

- номінальна напруга - 10 кВ;
- номінальний струм - 630 А.

Перевіряємо вимикач на відповідність вимогам:

- | | | |
|----|--------------------|--|
| 1. | Номінальна напруга | $10000 \text{ В} \leq 10000 \text{ В}$. |
| 2. | Номінальний струм | $3,95 \text{ А} \leq 630 \text{ А}$. |

Всі умови виконані, тому до встановлення приймаємо вимикач навантаження ВНА-630-10 УЗ.

Вибір плавкого запобіжника

Запобіжник для захисту трансформатору вибираємо основуючись з рекомендаціями «Таврида Електрик».

Запобіжники перевіряються за наступними вимогами:

- за номінальною напругою $U_{\text{ном}} \leq U_{\text{ном.вим.}}$;
- за номінальним струмом $I_{\text{ном.нав}} \leq I_{\text{ном.вим.}}$.

Проектований запобіжник типу ПКТ-112-10-5 УЗ з наступними характеристиками:

- номінальна напруга – 12 кВ;
- номінальний струм - 5 А.

Перевіряємо запобіжник на відповідність вимогам:

1. Номінальна напруга $10000 \text{ В} \leq 12000 \text{ В}$.
2. Номінальний струм $3,95 \text{ А} \leq 5 \text{ А}$.

Всі умови виконані, тому до встановлення приймаємо вимикач навантаження ПКТ-112-10-5 УЗ.

Вибір обмежувача перенапруг

Номінальний розрядний струм використовують для класифікації ОПН. Це основний параметр, що дозволяє визначити захисні властивості і здатність ОПН поглинати енергію. У мережах класів напруги 35 кВ і нижче ОПН з номінальним розрядним струмом 7,5 кА можуть бути достатніми для районів з низькою щільністю ударів в землю. ОПН з номінальним розрядним струмом 12,5 кА можуть бути кращими для важливих установок (необхідні для найкращого захисту) особливо в районах з високою щільністю ударів в землю або високими опорами землі.

Вибираємо ОПН ЕТІТЕС В 320/12,5 F 3+0, 3р, з номінальним розрядним струмом $I_p=12,5$ кА, та допустимою напругою 7,5 кВ.

2.4.1 Вибір обладнання ввідної комірки РУ-10кВ.

Даним проектом запропоновано встановити комірку типу КСО-393 з вимикачем навантаження та трансформаторами струму.

Вибір вимикача навантаження.

Приймаємо до встановлення вимикачі типу ВНА-10-630А УЗ.

Вимикачі навантаження перевіряються за наступними вимогами:

- за номінальною напругою $U_{\text{НОМ}} \leq U_{\text{НОМ.ВИМ}}$;
- за номінальним струмом $I_{\text{НОМ.НАВ}} \leq I_{\text{НОМ.ВИМ}}$.

Проектований вимикач ВНА-630-10 з наступними характеристиками:

- номінальна напруга - 10 кВ;
- номінальний струм - 630 А.

Перевіряємо вимикач на відповідність вимогам:

1. Номінальна напруга $10000 \text{ В} \leq 10000 \text{ В}$.
2. Номінальний струм $3,95 \text{ А} \leq 630 \text{ А}$.

Всі умови виконані, тому до встановлення приймаємо вимикач навантаження ВНА-630-10 УЗ.

2.4.2 Вибір трансформатора напруги.

Трансформатор напруги для живлення вимірювальних приладів вибирають за номінальною напругою первинної обмотки, схемі з'єднання

обмоток і конструктивному виконанню та класу точності. До ТН приєднуються лічильники комерційного обліку, тому вони повинні мати клас точності 0,5. Приймаємо ТН типу НАМИ-10-6-У3, $U_{\text{ном}}=6\text{кВ}$ $S_{2\text{ном}}=50\text{ ВА}$ у класі точності 0,5.

2.4.3 Вибір ошиновування КТП на рівні напруги 10 кВ.

Умовою вибору збірних шин є вираз:

$$I_{\text{доп}} > I_{\text{мах}};$$

Де $I_{\text{доп}}$ - допустимий струм на шині обраного перетину з урахуванням поправки на температуру повітря, відмінною від прийнятої в таблицях ($\theta_0, \text{ ном} = 25^\circ\text{C}$).

Максимальний струм

$$I_{\text{мах}} = n * I_{\text{ф.вн}} = 2 * 2 * 3,95 = 15,8 \text{ А}$$

- Де, n – кількість трансформаторів, за умови паралельної роботи трансформаторів.

Вибираємо алюмінієву шину перерізу АД0 5x60 при кількості поліс на фазу –1, з допустимим струмом $I_{\text{доп}} = 713 \text{ А}$

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{доп.ном}} * \sqrt{\frac{(\theta_{\text{доп}} - \theta_0)}{\theta_{\text{доп}} - \theta_{0.\text{ном}}}} = 713 * \sqrt{\frac{(70 - 25)}{70 - 45}} = 780 \text{ A,}$$

Для неізолюваних проводів та пофарбованих шин прийнято $\theta_{\text{доп}} = 70^\circ\text{C}$,
 $\theta_{0.\text{ном}} = 25^\circ\text{C}$;

$15,8 \leq 780 \text{ A}$ – умова виконана.

Всі умови виконані тому ошикування виконуємо алюмінієвою шиною АД0 5x60мм².

2.4.4 Вибір обладнання розподільчого устаткування 0,4кВ КТП.

Даним проектом запропоновано встановити дванадцять панелей ЩО-90. Цей варіант виконання включає в себе: дві трансформаторні комірки, дев'ять розподільчих та одну секційну.

2.4.5 Вибір обладнання трансформаторних комірок РУ-0,4кВ.

Запропоновано до становлення панелі типу ЩО-90 з номером схем головних кіл 2114. Конструктивне виконання комірки наступне – ввідний силовий автоматичний вимикач, роз'єднувач. Даний тип комірок забезпечить надійність електропостачання та є економічно вигідним.

Вибір ввідного автоматичного вимикача.

Приймаємо автоматичний вимикач за наступними характеристиками

- за номінальною напругою: $400 < 690 \text{ В}$

- за номінальним струмом автомату: $160 \text{ A} < 160 \text{ A}$

- за номінальним струмом розчеплювача: $160 \text{ A} < 160 \text{ A}$

Вибираємо уставки автомата:

1. Уставка струму спрацьовування захисту від перевантаження

$$I_{\text{спр.п}} = 1,25 * I_{\text{нр}} = 1,25 * 114,16 = 142,7 \text{ A};$$

2. Уставка струму спрацьовування захисту від КЗ $I_{\text{св}}$

$$I_{\text{св}} = 160 \geq 1,25 * I_{\text{пик}} = 1,25 * 114,16 = 142,7 \text{ A};$$

3. Уставка часу спрацьовування захисту при струмах КЗ $t_{\text{св}}$. Приймаємо $t_{\text{св}} = 0,05 \text{ с}$.

Обираємо силовий автоматичний вимикач NSX 160 А з термомагнітним розчеплювачем виробництва Shneider Elektryc. Автоматичний вимикач дообладнано подовженими контактними виводами та міжфазними перегородками.

Вибір роз'єднувача 0,4кВ.

Роз'єднувач необхідний для видимого розриву мережі, за-для безпеки роботи обслуговуючого персоналу.

До встановлення приймаємо роз'єднувач РБ4-1000 - 400 УХ1.

Роз'єднувачі перевіряються за наступними вимогами:

- за номінальною напругою $U_{\text{ном}} \leq U_{\text{ном.вим}}$;

- за номінальним струмом $I_{\text{ном.нав}} \leq I_{\text{ном.вим}}$.

Проектований роз'єднувач РБ4-1000-400 УХ1 з наступними характеристиками:

- номінальна напруга – 1000 В;

- номінальний струм – 400 А.

Перевіряємо вимикач на відповідність вимогам:

1. Номінальна напруга $400 \text{ В} \leq 1000 \text{ В}$.
2. Номінальний струм $114 \text{ А} \leq 400 \text{ А}$.

Всі умови виконані, тому до встановлення приймаємо роз'єднувач РБ4-1000-400 УХ1.

2.4.6 Вибір обладнання розподільчих комірок РУ-0,4кВ.

Розподільчі комірки РУ-0,4кВ слугують для електропостачання споживачів котеджного комплексу. Кожен котедж має по два вводи які заживлені з автоматичних вимикачів встановлених в розподільчих панелях. Н один автоматичний вимикач лягає навантаження двох котеджів одного типу . Прийнята схема електропостачання забезпечує ефективність та економічність.

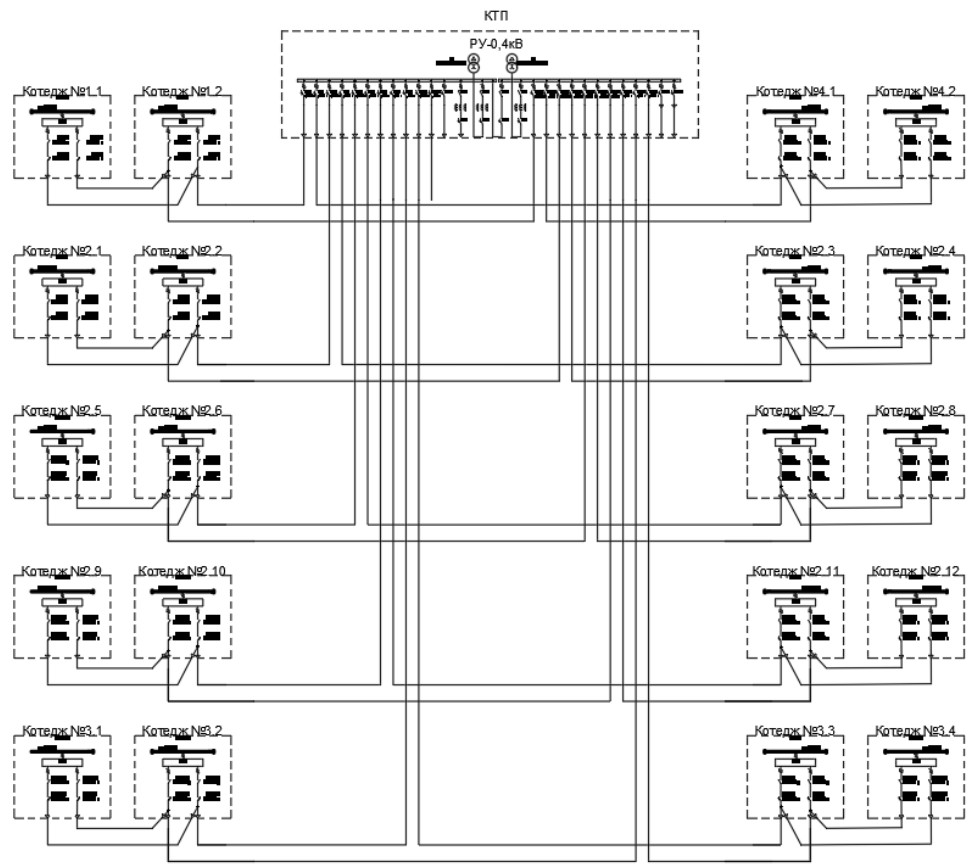


Рис. 2 Схема РУ-0,4кВ з відгалудженнями для котеджів.

Вибір автоматичних вимикачів для підключення споживачів.

Автоматичні вимикачі встановлені в РУ-0,4кВ КТП-10/0,4кВ обираються за сумою номінальних розрахункових навантажень двох суміжних котеджів.

Розрахунок навантажень котеджів №1,1, та №1,2 :

$$P_{\text{сум.№1.1,№1.2}} = P_{p\text{№1.1}} + P_{p\text{№1.2}} = 28,33 + 28,33 = 56,66 \text{ кВт}$$

де $P_{p\text{№1.1}} + P_{p\text{№1.2}}$ – номінальна розрахункова потужність котеджів №1,1, та №1,2.

Розрахунковий струм приєднання котеджів №1,1, та №1,2:

$$I_{p.№1.1,№1.2} = \frac{P_{\text{сум.№1.1,№1.2}}}{\sqrt{3} * \cos f * U_{\text{н}}} = \frac{56,66}{\sqrt{3} * 0,95 * 0,38} = 90,72 \text{ A}$$

Приймаємо автоматичний вимикач за наступними характеристиками

- за номінальною напругою: 400<690 В
- за номінальним струмом автомату: 90,72 А < 125 А
- за номінальним струмом розчеплювача: 90,72 А < 125 А

Обираємо силовий автоматичний вимикач NSX 125 А з термомагнітним розчеплювачем виробництва Shneider Elektryc. Автоматичний вимикач дообладнано подовженими контактними виводами та міжфазними перегородками.

Аналогічно обираємо автоматичні вимикачі для інших приєднань, результати заносимо до таблиці

Таблиця 3 – вибір автоматичних вимикачів для приєднання споживачів котеджного комплексу.

| Номер котеджу за планом | Розр. нав., кВт | Сум. розр. нав., кВт | Напруга мережі, кВ | cos ϕ | Розр. струм, А | Ном.струм АВ, А | Номер АВ на схемі |
|-------------------------|-----------------|----------------------|--------------------|------------|----------------|-----------------|-------------------|
| №1.1 | 28,33 | 56,66 | 0,38 | 0,95 | 90,72 | 125 | QF1 |
| №1.2 | 28,33 | | | | | | QF13 |
| №2.1 | 12 | 24 | 0,38 | 0,95 | 38,43 | 63 | QF3 |
| №2.2 | 12 | | | | | | QF15 |
| №2.3 | 12 | 24 | 0,38 | 0,95 | 38,43 | 63 | QF4 |
| №2.4 | 12 | | | | | | QF16 |
| №2.5 | 12 | 24 | 0,38 | 0,95 | 38,43 | 63 | QF5 |
| №2.6 | 12 | | | | | | QF17 |
| №2.7 | 12 | 24 | 0,38 | 0,95 | 38,43 | 63 | QF6 |
| №2.8 | 12 | | | | | | QF18 |
| №2.9 | 12 | 24 | 0,38 | 0,95 | 38,43 | 63 | QF7 |
| №2.10 | 12 | | | | | | QF19 |
| №2.11 | 12 | 24 | 0,38 | 0,95 | 38,43 | 63 | QF8 |
| №2.12 | 12 | | | | | | QF20 |
| №3.1 | 16 | 32 | 0,38 | 0,95 | 51,24 | 80 | QF9 |
| №3.2 | 16 | | | | | | QF21 |
| №3.3 | 16 | 32 | 0,38 | 0,95 | 51,24 | 80 | QF10 |
| №3.4 | 16 | | | | | | QF22 |
| №4.2 | 20 | 40 | 0,38 | 0,95 | 64,05 | 100 | QF2 |
| №4.2 | 20 | | | | | | QF14 |

2.5 Визначення основних схем ввідно-розподільчих щитів 0,4кВ котеджей.

Ввідно-розподільчі щити котеджів призначені для підключення живлячих кабельних ліній від РУ-0,4кВ , та для розподілення енергії споживачів котеджу, також на головну шину ВРЩ-0,4кВ підключені інвертори та акумуляційні пристрої. Системи обліку а саме лічильники прямого включення встановленні за ввідними автоматичними вимикачами.

2.5.1 Вибір ввідних автоматичних вимикачів ВРЩ котеджів.

Автоматичні вимикачі встановлені в ВРЩ-0,4кВ обираються за номінальним розрахунковим навантаженням котеджу.

Розрахунковий струм приєднання комплексу №1,1:

$$I_{p.№1.1} = \frac{P_{\text{сум.№1.1}}}{\sqrt{3} * \cos f * U_{\text{н}}} = \frac{28,33}{\sqrt{3} * 0,95 * 0,38} = 45,63 \text{ А}$$

Приймаємо автоматичний вимикач за наступними характеристиками

- за номінальною напругою: $400 < 690 \text{ В}$
- за номінальним струмом автомату: $45,63 \text{ А} < 63 \text{ А}$
- за номінальним струмом розчеплювача: $45,63 \text{ А} < 63 \text{ А}$

Обираємо силовий автоматичний вимикач 63 А з термомагнітним розчеплювачем виробництва Shneider Elektrys.

Аналогічно обираємо автоматичні вимикачі для інших приєдань, результати заносимо до таблиці

Таблиця 4 – вибір автоматичних вимикачів для приєднання споживачів котеджного комплексу.

| Номер котеджу за планом | Розр. нав., кВт | Напруга мережі, кВ | cosf | Розр. струм, А | Ном.струм АВ, А |
|-------------------------|-----------------|--------------------|------|----------------|-----------------|
| №1.1 | 28,33 | 0,38 | 0,95 | 45,36 | 63 |
| №1.2 | 28,33 | | | 45,36 | 63 |
| №2.1 | 12 | | | 19,21 | 20 |
| №2.2 | 12 | | | 19,21 | 20 |
| №2.3 | 12 | | | 19,21 | 20 |
| №2.4 | 12 | | | 19,21 | 20 |
| №2.5 | 12 | | | 19,21 | 20 |
| №2.6 | 12 | | | 19,21 | 20 |
| №2.7 | 12 | | | 19,21 | 20 |
| №2.8 | 12 | | | 19,21 | 20 |
| №2.9 | 12 | | | 19,21 | 20 |
| №2.10 | 12 | | | 19,21 | 20 |
| №2.11 | 12 | | | 19,21 | 20 |
| №2.12 | 12 | | | 19,21 | 20 |
| №3.1 | 16 | | | 25,62 | 32 |
| №3.2 | 16 | | | 25,62 | 32 |
| №3.3 | 16 | | | 25,62 | 32 |
| №3.4 | 16 | | | 25,62 | 32 |
| №4.2 | 20 | | | 32,02 | 40 |
| №4.2 | 20 | | | 32,02 | 40 |

2.5.2 Вибір устаткування для контролю даних.

Локальне устаткування збору та обробки даних (АСКУЕ) призначається для:

- автоматизації обліку одержання і відпуску електроенергії та потужності (активної і реактивної) в кожній точці обліку на кордоні з постачальниками і споживачами;
- автоматичного знімання облікових даних з лічильників з метою забезпечення розрахунків за споживану електроенергію;

- забезпечення погодинного обліку електроенергії;
- отримання усереднених значень потужності в кожній точці обліку і побудови півгодинних (погодинних) графіків навантажень на добовому, місячному та річному інтервалах часу;
- підвищення швидкості обробки та обміну інформацією;
- створення спільного інформаційного простору для забезпечення комерційних інтересів суб'єктів енергоринку;
- підвищення оперативності управління режимами енергоспоживання, визначення та прогнозування складових балансу електроенергії;
- контролю технічного стану засобів обліку електроенергії;
- контролю та обліку споживання електричної енергії споживача.

Цілі організації АСКУЕ

АСКУЕ організовується з метою:

- зниження комерційних втрат за рахунок підвищення точності обліку електричної енергії, отримання достовірної і своєчасної інформації про надходження, транзит та споживання електричної енергії на межі балансової належності споживача з іншими членами ринку електричної енергії для подальшого проведення фінансових розрахунків за електроенергію;
- забезпечення роботи всіх елементів АСКУЕ споживача в єдиному розрахунковому часу, із збереженням встановлених правил переходу на «літній/зимовий» час;
- забезпечення оперативного контролю режимів надходження електричної енергії в мережі споживача, поточного навантаження (енергоспоживання) і розподілу навантаження по окремих напрямках;

- забезпечення аналізу енергоспоживання і навантаження за напрямками на підставі графіка навантаження;

- забезпечення оперативного автоматичного контролю працездатності лічильників і каналів передачі даних.

Для системи збору, моніторингу, аналізу та передачі даних запропоновано до встановлення обладнання системи АСКУЄ. Обладнання АСКУЄ в цілому буде встановлено в щиті ВРЩ. До його складу належить: лічильник активної та реактивної енергії НІК з радіомодулем, клемна колодка для підключення лічильника, мікроконтролер RS232 та блок живлення. Лічильник НІК підключений прямого включення.

3 Спеціальний розділ.

Децентралізоване автономне електропостачання котеджного комплексу запропоновано запровадити за рахунок встановлення дахових фотоелектричних станцій які будуть підключені до вводно розподільчого щита котеджу. Децентралізована схема електропостачання прийнята з урахування зменшення витрат енергії на передачу та забезпечення надійності за рахунок уникнення перетоку потужності від менш потужних споживачів до більш потужних.

3.1.1 Розрахунок потужності модульних фотоелектричних станцій.

Номінальна потужність фотоелектричних станцій залежить від корисної площі даху котеджу, на якій можна розмістити фотопанелі. В складі котеджного комплексу нараховується двадцять котеджів різного типу, в складі яких є:

1. Два комплекси з площею даху 400м^2 ;
2. Два котеджа з площею даху 250м^2 ;
3. Чотири котеджа з площею даху 100м^2 ;
4. Дванадцять котеджів з площею даху 50м^2 .

За корисну площу можна вважати до 50% від сумарної площі даху.

До встановлення прийнято полікристалічну фотоелектричну панель типу Longi Solar LR4-72HPH-425M габаритним розміром $1000 \times 2000 \text{h}$ мм (площа 2м^2), потужністю до $P_n = 0,32$ кВт, номінальний струм $I_n = 8,7$ А, номінальна напруга $U_n = 36,8$ В, (всі параметри вказані при піковій генерації).

Електрична енергія постійного струму, що виробляється сонячними модулями з сонячного випромінювання, надходить до інвертора, де перетворюється в електричну енергію змінного струму напругою $0,38$ кВ, а інвертор в свою чергу підключений до ВРЩ- $0,4$ кВ котеджу.

3.1.2 Визначення потужності фотоелектричної станції комплексу площею даху 400м^2 .

Обираємо трифазний інвертор типу Eco 32.0-3P з максимальною потужністю $P_m = 32$ кВт та наступними параметрами:

1. Параметри входу (постійний струм)
 - 1.1 Максимальна сила струму $I_{dc} = 47.7$ А;
 - 1.2 Номінальна вхідна напруга $U_{dc} = 580$ В;
 - 1.3 Максимальна вхідна напруга $U_{dc,max} = 1000$ В;
 - 1.4 Кількість роз'ємів постійного струму $N = 6$ шт.

2. Параметри виходу (змінний струм)

2.1 Максимальна сила струму $I_{ac} = 39 \text{ A}$;

2.2 Номінальна вхідна напруга $U_{ac} = 380 \text{ V}$;

Для підключення фотоелектричних панелей до інвертора виконується послідовне з'єднання панелей у групи. Всього груп на один інвертор 6, так як кількість роз'ємів постійного струму $N = 6$.

Для визначення розрахункової кількості інверторів напруги визначаємо кількість панелей які ми можемо розмістити на даху.

Корисна площа даху комплексу площею даху 400m^2

$$S_{к400} = S_{д400} * K_{корисна\ площа} = 400 * 0,5 = 200 \text{ м}^2;$$

Де $S_{к400}$ – корисна площа даху комплексу з сумарною площею даху 400m^2 ;

$S_{д400}$ - сумарна площа даху комплексу з сумарною площею даху 400m^2 ;

$K_{корисна\ площа}$ – коефіцієнт корисної площі.

Максимальне кількість панелей яку можна встановити на даху комплексу площею даху 400m^2 :

$$N_{400} = \frac{S_{к400}}{S_{панелі}} = \frac{200}{2} = 100 \text{ шт};$$

Підключення панелей до інвертора виконується послідовно за умови максимальної вхідної напруги інвертора. Для знаходження кількості панелей у групі при номінальному режимі роботи інвертора необхідно величину номінальної вхідної напруги розділити на максимальну напругу однієї фотоелектричної панелі

$$N_{\text{групи}} = \frac{U_{\text{ном.інв}}}{U_{\text{ном.панелі}}} = \frac{580}{36,8} = 15,7 \text{ шт.},$$

Приймаємо 16 полікристалічних фотоелектричних панелей в одній групі.

Максимальна потужність групи фотоелектричних панелей що приходить до роз'єму інвертора:

$$P_{\text{м.п.г}} = P_{\text{ном.панелі}} * N_{\text{групи}} = 5120 \text{ Вт};$$

Кількість груп які потужність яких може опрацювати інвертор:

$$\sum N = \frac{P_{\text{ном.інв.}}}{P_{\text{м.п.г}}} = \frac{32000}{5120} = 6,25 \text{ шт.},$$

де $\sum N$ - кількість роз'ємів постійного струму що використовуються

Приймаємо кількість роз'ємів постійного струму що використовується рівною 6, тоді максимальна розрахункова вихідна потужність інвертора:

$$P_{\text{max.p.інв.}} = P_{\text{м.п.г}} * \sum N = 5120 * 6 = 30720 \text{ Вт} = 30.72 \text{ кВт.}$$

Виходячи з цього розрахунку ми бачимо, що для комплексу площею 400м^2 приймається до встановлення один інвертор типу Eсо 32.0-3P, а кількість панелей на даху будівлі рівною 96 шт. при максимально допустимій кількості 100шт. Всі умови виконується тому остаточно приймаємо один інвертор типу Eсо 32.0-3P.

3.1.3 Визначення потужності фотоелектричної станції котеджу з площею даху 250м^2 .

Обираємо трифазний інвертор типу Eсо 27.0-3P з максимальною потужністю $P_{\text{м}} = 27 \text{ кВт}$ та наступними параметрами:

1. Параметри входу (постійний струм)
 - 1.1 Максимальна сила струму $I_{\text{dc}} = 47.7 \text{ А}$;
 - 1.2 Номінальна вхідна напруга $U_{\text{dc}} = 580 \text{ В}$;
 - 1.3 Максимальна вхідна напруга $U_{\text{dc.max}} = 1000 \text{ В}$;
 - 1.4 Кількість роз'ємів постійного струму $N = 4 \text{ шт.}$
2. Параметри виходу (змінний струм)
 - 2.1 Максимальна сила струму $I_{\text{ac}} = 39 \text{ А}$;
 - 2.2 Номінальна вхідна напруга $U_{\text{ac}} = 380 \text{ В}$;

Для підключення фотоелектричних панелей до інвертора виконується послідовне з'єднання панелей у групи. Всього груп на один інвертор 4, так як кількість роз'ємів постійного струму $N = 4$.

Для визначення розрахункової кількості інверторів напруги визначаємо кількість панелей які ми можемо розмістити на даху.

Корисна площа даху комплексу площею даху 250м^2 :

$$S_{к250} = S_{д250} * K_{корисна\ площа} = 250 * 0,5 = 125 \text{ м}^2:$$

Де $S_{к250}$ – корисна площа даху комплексу з сумарною площею даху 250м^2 ;

$S_{д250}$ - сумарна площа даху комплексу з сумарною площею даху 250м^2 ;

$K_{корисна\ площа}$ – коефіцієнт корисної площі.

Максимальне кількість панелей яку можна встановити на даху комплексу площею даху 250м^2

$$N_{250} = \frac{S_{к250}}{S_{панелі}} = \frac{125}{2} = 62,5 \text{ шт};$$

Максимальна кількість панелей в групі:

$$N_{групи} = \frac{U_{ном.інв}}{U_{ном.панелі}} = \frac{580}{36,8} = 15,7 \text{ шт.},$$

Приймаємо 15 полікристалічних фотоелектричних панелей в одній групі.

Максимальна потужність групи фотоелектричних панелей що приходить до роз'єму інвертора:

$$P_{\text{м.п.г}} = P_{\text{ном.панелі}} * N_{\text{групи}} = 320 * 15 = 4800 \text{ Вт};$$

Кількість груп які потужність яких може опрацювати інвертор:

$$\sum N = \frac{P_{\text{ном.інв.}}}{P_{\text{м.п.г}}} = \frac{27000}{4800} = 5,62 \text{ шт},$$

де $\sum N$ - кількість роз'ємів постійного струму що використовуються

Приймаємо кількість роз'ємів постійного струму що використовується рівною 4, тоді максимальна розрахункова вихідна потужність інвертора:

$$P_{\text{мах.р.інв.}} = P_{\text{м.п.г}} * \sum N = 4800 * 4 = 24000 \text{ Вт} = 24 \text{ кВт}.$$

Виходячи з цього розрахунку ми бачимо, що для комплексу площею 250м² приймається до встановлення один інвертор типу Eco 27.0-3P, а кількість панелей на даху будівлі рівною 60 шт. при максимально допустимій кількості 65 шт. Всі умови виконується тому остаточно приймаємо один інвертор типу Eco 27.0-3P.

3.1.4 Визначення потужності фотоелектричної станції котеджу з площею даху 100м².

Обираємо трифазний інвертор типу Eсо 10.0-3P з максимальною потужністю $P_m = 10$ кВт та наступними параметрами:

1. Параметри входу (постійний струм)
 - 1.1 Максимальна сила струму $I_{dc} = 14,8$ А;
 - 1.2 Номінальна вхідна напруга $U_{dc} = 580$ В;
 - 1.3 Максимальна вхідна напруга $U_{dc,max} = 1000$ В;
 - 1.4 Кількість роз'ємів постійного струму $N = 5$ шт.
2. Параметри виходу (змінний струм)
 - 2.1 Максимальна сила струму $I_{ac} = 11,1$ А;
 - 2.2 Номінальна вхідна напруга $U_{ac} = 380$ В;

Для підключення фотоелектричних панелей до інвертора виконується послідовне з'єднання панелей у групи. Всього груп на один інвертор 5, так як кількість роз'ємів постійного струму $N = 5$.

Для визначення розрахункової кількості інверторів напруги визначаємо кількість панелей які ми можемо розмістити на даху.

Корисна площа даху комплексу площею даху 100м²:

$$S_{к100} = S_{д100} * K_{корисна\ площа} = 100 * 0,5 = 50 \text{ м}^2;$$

Де $S_{к100}$ – корисна площа даху комплексу з сумарною площею даху 100м²;

$S_{д100}$ - сумарна площа даху комплексу з сумарною площею даху 100м^2 ;

$K_{\text{корисна площа}}$ – коефіцієнт корисної площі.

Максимальне кількість панелей яку можна встановити на даху комплексу площею даху 100м^2

$$N_{100} = \frac{S_{к100}}{S_{\text{панелі}}} = \frac{50}{2} = 25 \text{ шт.};$$

Максимальна кількість панелей в групі:

$$N_{\text{групи}} = \frac{U_{\text{ном.інв}}}{U_{\text{ном.панелі}}} = \frac{580}{36,8} = 15,7 \text{ шт.},$$

Приймаємо 5 полікристалічних фотоелектричних панелей в одній групі.

Максимальна потужність групи фотоелектричних панелей що приходить до роз'єму інвертора:

$$P_{\text{м.п.г}} = P_{\text{ном.панелі}} * N_{\text{групи}} = 320 * 5 = 1600 \text{ Вт};$$

Кількість груп які потужність яких може опрацювати інвертор:

$$\sum N = \frac{P_{\text{ном.інв.}}}{P_{\text{м.п.г}}} = \frac{10000}{1600} = 6,25 \text{ шт.},$$

де $\sum N$ - кількість роз'ємів постійного струму що використовуються

Приймаємо кількість роз'ємів постійного струму що використовується рівною 5, тоді максимальна розрахункова вихідна потужність інвертора:

$$P_{\text{мах.р.інв.}} = P_{\text{м.п.г}} * \sum N = 1600 * 5 = 8000 \text{ Вт} = 8 \text{ кВт.}$$

Виходячи з цього розрахунку ми бачимо, що для комплексу площею 100м^2 приймається до встановлення один інвертор типу Eсо 10.0-3P, а кількість панелей на даху будівлі рівною 25 шт. при максимально допустимій кількості 25 шт. Всі умови виконується тому остаточно приймаємо один інвертор типу Eсо 10.0-3P.

3.1.5 Визначення потужності фотоелектричної станції котеджу з площею даху 50м^2 .

Обираємо трифазний інвертор типу Eсо 5.0-3P з максимальною потужністю $P_{\text{м}} = 5 \text{ кВт}$ та наступними параметрами:

1. Параметри входу (постійний струм)
 - 1.1 Максимальна сила струму $I_{\text{dc}} = 5,5 \text{ А}$;
 - 1.2 Номінальна вхідна напруга $U_{\text{dc}} = 580 \text{ В}$;
 - 1.3 Максимальна вхідна напруга $U_{\text{dc,мах}} = 1000 \text{ В}$;
 - 1.4 Кількість роз'ємів постійного струму $N = 2 \text{ шт.}$

2. Параметри виходу (змінний струм)

2.1 Максимальна сила струму $I_{ac} = 4,8 \text{ A}$;

2.2 Номінальна вхідна напруга $U_{ac} = 380 \text{ V}$;

Для підключення фотоелектричних панелей до інвертора виконується послідовне з'єднання панелей у групи. Всього груп на один інвертор 2, так як кількість роз'ємів постійного струму $N = 2$.

Для визначення розрахункової кількості інверторів напруги визначаємо кількість панелей які ми можемо розмістити на даху.

Корисна площа даху комплексу площею даху 50м^2 :

$$S_{к50} = S_{д50} * K_{корисна\ площа} = 50 * 0,5 = 25 \text{ м}^2;$$

Де $S_{к50}$ – корисна площа даху комплексу з сумарною площею даху 50м^2 ;

$S_{д50}$ - сумарна площа даху комплексу з сумарною площею даху 50м^2 ;

$K_{корисна\ площа}$ – коефіцієнт корисної площі.

Максимальне кількість панелей яку можна встановити на даху комплексу площею даху 50м^2

$$N_{50} = \frac{S_{к50}}{S_{панелі}} = \frac{50}{2} = 12,5 \text{ шт};$$

Максимальна кількість панелей в групі:

$$N_{\text{групи}} = \frac{U_{\text{ном.інв}}}{U_{\text{ном.панелі}}} = \frac{580}{36,8} = 15,7 \text{ шт.},$$

Приймаємо 6 полікристалічних фотоелектричних панелей в одній групі.

Максимальна потужність групи фотоелектричних панелей що приходить до роз'єму інвертора:

$$P_{\text{м.п.г}} = P_{\text{ном.панелі}} * N_{\text{групи}} = 320 * 6 = 1920 \text{ Вт};$$

Кількість груп які потужність яких може опрацювати інвертор:

$$\sum N = \frac{P_{\text{ном.інв.}}}{P_{\text{м.п.г}}} = \frac{5000}{1920} = 2,6 \text{ шт},$$

де $\sum N$ - кількість роз'ємів постійного струму що використовуються

Приймаємо кількість роз'ємів постійного струму що використовується рівною 2, тоді максимальна розрахункова вихідна потужність інвертора:

$$P_{\text{мах.р.інв.}} = P_{\text{м.п.г}} * \sum N = 1920 * 2 = 3840 \text{ Вт} = 3,84 \text{ кВт}.$$

Виходячи з цього розрахунку ми бачимо, що для комплексу площею 100м² приймається до встановлення один інвертор типу Eco 5.0-3P, а

кількість панелей на даху будівлі рівною 12 шт. при максимально допустимій кількості 12,5 шт. Всі умови виконуються тому остаточно приймаємо один інвертор типу Eco 5.0-3P.

3.1.6 Вибір автоматичних вимикачів для підключення інверторів.

Автоматичні вимикачі встановлені в ВРЩ-0,4кВ та підключені до шин 0,4кВ обираються за максимальною розрахунковою потужністю від генерації на виході інвертора.

Розрахунковий струм на виході інвертора встановленого в комплексі загальною площею даху 400м²:

$$I_{p.інв.32кВт} = \frac{P_{\max.p.інв.32}}{\sqrt{3} * \cos\phi * U_H} = \frac{30,72}{\sqrt{3} * 1 * 0,38} = 46,72 \text{ A}$$

Приймаємо автоматичний вимикач за наступними характеристиками

- за номінальною напругою: 380 < 400 В
- за номінальним струмом автомату: 46,72 А < 63 А
- за номінальним струмом розчеплювача: 46,72 А < 63 А

Обираємо силовий автоматичний вимикач Компакт 63 А з термомагнітним розчеплювачем виробництва Shneider Elektrys..

Аналогічно обираємо автоматичні вимикачі для інших приєдань інверторів, результати заносимо до таблиці

Таблиця 5 – вибір автоматичних вимикачів для приєднання споживачів котеджного комплексу.

| Номер котеджу за планом | Розр. генерації., кВт | Напруга мережі, кВ | cos ϕ | Розр. струм, А | Ном.струм АВ, А |
|-------------------------|-----------------------|--------------------|------------|----------------|-----------------|
| №1.1 | 30,72 | 0,38 | 1 | 46,73 | 63 |
| №1.2 | 30,72 | 0,38 | 1 | 46,73 | 63 |
| №2.1 | 3,84 | 0,38 | 1 | 5,84 | 6 |
| №2.2 | 3,84 | 0,38 | 1 | 5,84 | 6 |
| №2.3 | 3,84 | 0,38 | 1 | 5,84 | 6 |
| №2.4 | 3,84 | 0,38 | 1 | 5,84 | 6 |
| №2.5 | 3,84 | 0,38 | 1 | 5,84 | 6 |
| №2.6 | 3,84 | 0,38 | 1 | 5,84 | 6 |
| №2.7 | 3,84 | 0,38 | 1 | 5,84 | 6 |
| №2.8 | 3,84 | 0,38 | 1 | 5,84 | 6 |
| №2.9 | 3,84 | 0,38 | 1 | 5,84 | 6 |
| №2.10 | 3,84 | 0,38 | 1 | 5,84 | 6 |
| №2.11 | 3,84 | 0,38 | 1 | 5,84 | 6 |
| №2.12 | 3,84 | 0,38 | 1 | 5,84 | 6 |
| №3.1 | 8 | 0,38 | 1 | 12,17 | 16 |
| №3.2 | 8 | 0,38 | 1 | 12,17 | 16 |
| №3.3 | 8 | 0,38 | 1 | 12,17 | 16 |
| №3.4 | 8 | 0,38 | 1 | 12,17 | 16 |
| №4.1 | 24 | 0,38 | 1 | 36,51 | 40 |
| №4.2 | 24 | 0,38 | 1 | 36,51 | 40 |

3.2 Розрахунок продуктивності фотоелектричної станції.

Розрахунки та інжиніринг систем енергопостачання з відновлювальними джерелами енергії є запорукою їх продуктивної та безаварійної експлуатації, істотної економії ресурсів і мінімізації зовнішнього енергоспоживання. Для правильного розрахунку таких систем енергопостачання і обліку різних параметрів, що впливають на їх продуктивність, використовуються спеціальні програми, автокалькулятори і

статистичні метеодані - сонячна інсоляція, швидкість вітру, температура та інші умови.

Не існує єдиного підходу до розрахунку всіх типів систем, тому виділимо основні параметри.

Визначаємо кут нахилу панелей:

$$\text{Кут} = \text{широта} * 0,76 + 3,1^\circ;$$

Котеджний комплекс знаходиться у межах Івано-Франківської області усереднені координати якої широта = $48^\circ 55'$ пн.ш., довгота = $24^\circ 43'$ сх.д., тому кут нахилу панелей:

$$\text{Кут} = 48,55 * 0,76 + 3,1^\circ = 39,99^\circ;$$

Визначення поправочного коефіцієнту K_w при орієнтації панелей за сторонами світу:

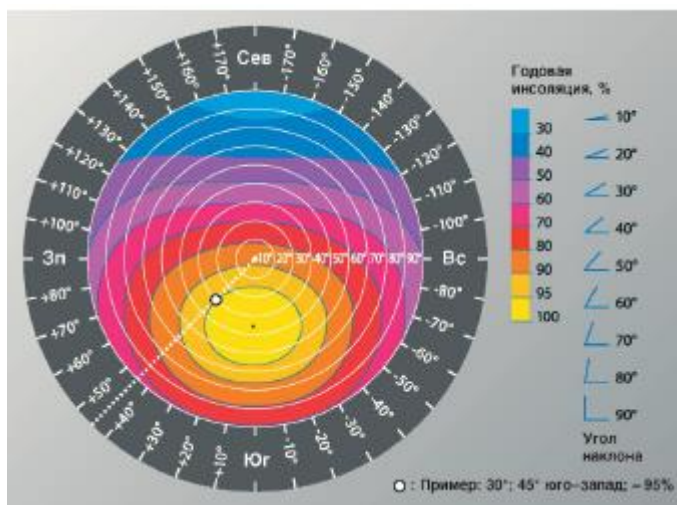


Рис. 2 Визначення коефіцієнта на розташування сонячних фотомодулей

Для нашого випадку коефіцієнт $K_w = 1$.

Очікувана температура модуля:

$$T_{PTC} = 20 + 1,389 * (NOCT - 20) * (0,9 - \eta);$$

де – $NOCT = 45$ - температура модуля при типових умовах експлуатації;

$\eta = 0,16$ – КПД панелі.

- $(0,9 - \eta)$ відображає частку сонячної енергії, що досягає модуля і перетвориться в тепло. Передбачається, що 10% енергії відбивається. Частина енергії перетворюється в електрику - це корисна енергія модуля, ККД, відсоток якого вказано в технічних характеристиках.

$$T_{PTC} = 20 + 1,389 * (45 - 20) * (0,9 - 0,16) = 45,69^{\circ}\text{C}$$

Якщо температура елемента для умов РТС визначена, то можна обчислити потужність по РТС з потужності панелі за допомогою температурного коефіцієнта потужності:

$$\begin{aligned} P_{PTC} &= P_{\text{ном.панелі}} * (1 - 0,044 * (T_{PTC} - 25^{\circ}\text{C})) = \\ &= 320 * (1 - 0,044 * (45,69 - 25)) = 285,9 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Це складає 90,9% від номінальної потужності панелей.

Середньодобова кількість енергії що згенерована модульною фотоелектричною станцією комплексу площею даху 400м²:

$$E_{\text{доб}} = E_0 * \eta * \frac{P_{\text{РТС}}}{P_{\text{ном.панелі}}} * S_{\text{панелі}} * N =$$

$$= 2,94 * 0,16 * 0,91 * 2 * 96 = 82,1 \text{ кВт} * \text{год/доб}$$

де E_0 – середньомісячний рівень сонячної іррадіації в Івано-Франківській області;

η – КПД панелі;

$S_{\text{панелі}}$ – площа панелі;

N – кількість панелей модульної фотоелектричної станції.

Аналогічно розраховуємо значення середьодобової кількості згенерованої енергії, результати заносимо до таблиці:

Таблиця 6 – середньорічна кількість генерації електричної енергії.

| | | Площа даху 400м2, (N=96) | | Площа даху 250м2, (N60) | | Площа даху 100м2, (N=25) | | Площа даху 50м2, (N=12) | |
|---------------------|------|-----------------------------|----------------|----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|----------------------------|----------------|
| Івано-Франківськ ЕО | | Едоб, кВтгод/доб | Е, кВтгод/м | Едоб, кВтгод/д | Е, кВтгод/м | Едоб, кВтгод/д | Е, кВтгод/м | Едоб, кВтгод/д | Е, кВтгод/м |
| Січень | 1,19 | 33,267 | 998,0006 | 20,792 | 623,7504 | 8,663 | 259,896 | 8,663 | 259,896 |
| Лютий | 1,93 | 53,954 | 1618,606 | 33,721 | 1011,629 | 14,050 | 421,512 | 14,050 | 421,512 |
| Березень | 2,84 | 79,393 | 2381,783 | 49,620 | 1488,614 | 20,675 | 620,256 | 20,675 | 620,256 |
| Квітень | 3,68 | 102,875 | 3086,254 | 64,297 | 1928,909 | 26,790 | 803,712 | 26,790 | 803,712 |
| Травень | 4,54 | 126,917 | 3807,498 | 79,323 | 2379,686 | 33,051 | 991,536 | 33,051 | 991,536 |
| Червень | 4,75 | 132,787 | 3983,616 | 82,992 | 2489,76 | 34,580 | 1037,4 | 34,580 | 1037,4 |
| Липень | 4,76 | 133,067 | 3992,003 | 83,167 | 2495,002 | 34,653 | 1039,584 | 34,653 | 1039,584 |
| Серпень | 4,4 | 123,003 | 3690,086 | 76,877 | 2306,304 | 32,032 | 960,96 | 32,032 | 960,96 |
| Вересень | 3,06 | 85,543 | 2566,287 | 53,464 | 1603,93 | 22,277 | 668,304 | 22,277 | 668,304 |
| Жовтень | 2 | 55,910 | 1677,312 | 34,944 | 1048,32 | 14,560 | 436,8 | 14,560 | 436,8 |
| Листопад | 1,2 | 33,546 | 1006,387 | 20,966 | 628,992 | 8,736 | 262,08 | 8,736 | 262,08 |
| Грудень | 0,86 | 24,041 | 721,2442 | 15,026 | 450,7776 | 6,261 | 187,824 | 6,261 | 187,824 |

Таким чином ми бачимо що влітку генерація перевищує споживання тому згенеровану енергію запропоновано акумулювати.

3.2.1 Розрахунок необхідної ємності акумуляторних батарей.

Ємність акумуляторних батарей розраховується, виходячи з вимоги забезпечення об'єкту електроенергією певний час без її поповнення, плюс мати залишковий запас для запобігання повного розряду. Наприклад, при відсутності мережі необхідно щоб протягом 4 годин стабільно працювали холодильник, телевізор і освітлення у вітальні. Середня потужність холодильника - 300 Вт, телевізора - 100 Вт, освітлення у вітальні - 4 енергозберігаючі лампи по 20 Вт. Будемо вважати що протягом усіх 4 годин усі потрібні електроприлади будуть в роботі. Ми пам'ятаємо, що холодильник споживає свою потужність 15 хвилин на годину. Разом потрібен запас в електроенергії:

$$W_{AKB} = 300 \text{ Вт} \times 1 \text{ год} + 100 \text{ Вт} \times 4 \text{ год} + 80 \text{ Вт} \times 4 \text{ год} = 1020 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

Необхідна ємність акумуляторів:

$C_{AKB} = 1020 \text{ Вт}\cdot\text{год} \times 1,2 / 12 \text{ В} = 102 \text{ А}\cdot\text{год}$ (20% ємності - залишковий запас для запобігання повного розряду і зменшення періоду експлуатації).

4 Економічна частина

Вступ

У даному дипломному проекті запропоновано технічне рішення щодо електропостачання котеджного комплексу з використанням альтернативних джерел енергії за рахунок використання новітнього обладнання обраного за допомогою розрахунків потужності споживачів. Завдяки цьому методу обране обладнання вибрано економічно-ефективним.

У зв'язку з використанням альтернативних джерел енергії прогнозовано поліпшення якості електроенергії, безперебійності, а також ефективності електроустановки за рахунок дистанційного обслуговування та моніторингу енергетичних параметрів системи.

Запропоноване рішення відповідає всім стандартам якості, а обране обладнання є ефективним та економічним.

4.1 Розрахунок капітальних витрат

Вартість електрообладнання, яке зведено до таблиці 2. Ціни на електрообладнання взято згідно прайс листа фірми Платіnum, станом на 12.10.2022р..

Таблиця 7 – зведення капітальних інвестицій

| № з/п | Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів) | Кількість | Ціна за одиницю грн. | Сума грн |
|-------|--|-----------|----------------------|----------|
| 1 | Трансформатор ТМГ-63/10/0,4 | 2 шт. | 186000 | 372000 |
| 2 | Комірка КСО-393 в комплекті з | 6 шт. | 14300 | 85800 |
| | - ВНА-630 | 4 шт. | 4750 | 9500 |
| | - ПКТ-30 | 12 шт. | 400 | 2400 |
| | - ОПН | 2 шт. | 300 | 600 |
| | - НАМИ-10 | 2 шт. | 35000 | 70000 |
| 3 | Панель ЩО-90 в комплекті з | 10 шт. | 1400 | 2800 |
| | - АВ NSX 160А | 4 шт. | 17300 | 36600 |
| | - АВ NSX 125А | 2 шт. | 12500 | 25000 |
| | - АВ NSX 63-100 А | 20 шт. | 4500 | 90000 |
| | - РБ-0,66 | 4 шт. | 3600 | 14400 |
| | - ВРЩ-0,4кВ | 18 шт. | 37000 | 666000 |
| | - Інвертор | 18 шт. | 83700 | 1506600 |
| | - PV - панелі | 556 шт. | 4100 | 2279600 |
| | - Конденсатор | 18 шт. | 22500 | 405000 |
| 4 | Обладнання АСКУЕ | 20 шт. | 3465 | 69300 |
| 5 | Кабельнопровідникова продукція | | | |
| | Шина алюмінієва 60х5 | 50 м | 1600 | 80000 |
| | Шина алюмінієва 80х8 | 50 м | 2150 | 107500 |
| | Всього | | | 5823100 |

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + Z_{\text{тзс}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{пр}}$$

де $K_{\text{об}}(\sum_{i=1}^k C_i)$ – вартість придбання електрообладнання (засобів автоматизації, програмного забезпечення тощо) за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів i - го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

k - кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{\text{тзс}}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати;

Z_m – витрати на монтажні роботи;

Z_n - витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{пр}$ – інші одноразові вкладення грошових коштів.

Ціна на транспортно-заготівельні і складські витрати взято згідно прайс листів фірми Платіnum, станом на 12.10.2022р..

Транспортно-заготівельні і складські витрати визначаються з тарифної ставки транспорту та кількості годин користування:

- Кількість транспорту – 2 шт.
- Тарифна ставка 460 грн/год.
- Кількість годин користування – 360 год.

$$Z_{ТЗС} = (2 * 460 * 360) = 331200 \text{ грн.},$$

Витрати на монтажні і на налагоджувальні роботи визначаються наступним чином:

$$Z_{M(H)} = \sum (C_i * a_i * t_i) * K_d * K_{cm} * K_{пр}$$

Де C_i – чисельність працівників і-го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), чол.;

a_i – годинна тарифна ставка працівника і-го розряду, грн.;

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), год.;

K_d – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

K_{cm} – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

$K_{пр}$ – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Для розрахунку витрат на монтажні роботи використовуються дані з фінансової звітності станом на 2022р.

Дані для визначення витрат на монтажні роботи:

- Кількість електро-монтажників III- IV р. - 12 особи.;
- Годинна ставка - 72 грн/год;
- Час для виконання монтажних робіт - 480 годин;
- Коефіцієнт, що враховує розмір доплат - 1,10;
- Коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок – 1,22;
- Коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних робіт – 1,2.

За формулою розраховуємо витрати на монтажні роботи:

$$З_{м} = (12 * 72 * 480) * 1,10 * 1,22 * 1,2 = 414720 \text{ грн.},$$

Аналогічно робимо розрахунок для витрат на налагоджувальні роботи, але кількість працівників, годинна ставка та час для виконання будуть інші:

- Кількість робітників налагоджувальників - 3 чол.;
- Годинна ставка - 89 грн/год;
- Час для виконання монтажних робіт - 24 годин;

Визначаємо витрати на монтажні роботи:

$$З_{м} = (3 * 89 * 24) * 1,10 * 1,22 * 1,2 = 6411 \text{ грн.},$$

У відповідності до фінансової звітності інші одноразові вкладення грошових коштів 15000 грн.

Таким чином повні капітальні витрати складають:

$$K_{\text{п}} = 5823100 + 331200 + 414720 + 6411 + 15000 = 6590431 \text{ грн.}$$

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Для розрахунку експлуатаційних витрат знадобляться значення:

- C_a – амортизаційні відрахування;
- C_z – заробітна плата обслуговуючого персоналу;
- C_c – єдиний соціальний внесок;
- C_m – витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж;
- C_e – вартість електроенергії, що буде споживана об'єкта проектування або втрат електроенергії;
- $C_{\text{пр}}$ – інші експлуатаційні витрати.

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складають:

$$C = 1318086 + 1293972 + 284674 + 16561 + 1033274 - 342095 \\ = 3604472 \text{ грн}$$

Розрахунок амортизаційних відрахувань:

Для розрахунку амортизаційних відрахувань скористаємося формулою:

$$C_a = \frac{\Phi_{\text{п}} * N_a}{100},$$

$$C_a = \frac{6590431 * 20}{100} = 1318086 \text{ грн}$$

де $\Phi_{\text{п}}$ – первісна вартість об'єкта основних засобів;

N_a – Норма амортизації.

Визначаємо норми амортизації при прямолінійному методі протягом усього періоду:

$$N_a = \frac{1}{T_n} * 100\%$$

$$N_a = \frac{1}{20} * 100 = 20$$

де T_n – термін корисного використання;

Розрахунок річного фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного робітника C_3 визначається відповідно до режиму його роботи.

Річний час роботи об'єкту:

$$F_{н пр.} = D_k * T_{зм} * S;$$

$$F_{н пр.} = 365 * 3 * 8 = 8760;$$

Річний час роботи одного інженера електрика:

$$F_{нр} = (D_k - D_{св} - D_{вих}) * T_{зм};$$

$$F_{нр} = (365 - 11 - 104 - 21) * 8 = 1832 \text{ год};$$

Коефіцієнт спискового складу:

$$K_{сп} = \frac{F_{н пр.}}{F_p};$$

$$K_{сп} = \frac{8760}{1832} = 5.$$

де D_k , $D_{св}$, $D_{вих}$ – кількість календарних, святкових і вихідних днів у році відповідно;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, годин.

Таблиця 8 – Результати розрахунків за формулою (1)

| Найменування професій робітників | Явочний штат у зміну, осіб | Коефіцієнт спискового складу $K_{сп}$ | Годинна тарифна ставка | Номінальний річний фонд робочого часу, годин | Усього основна зарплата, грн. |
|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------|--|-------------------------------|
| Інженер електрик | 3 | 3 | 72 | 1832 | 1187136 |
| Всього | 1187136 грн | | | | |

Додаткова заробітна плата – це винагорода за працю понад встановлених норм, за особливі умови праці. До неї входить:

- премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій за діючими на підприємстві преміальними системами;
- доплати і надбавки;
- гарантійні і компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством.

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається в розмірі 9% від основної заробітної плати. Звідси загальна величина річного фонду заробітної плати складає:

$$C_3 = Z_{осн} + Z_{дод},$$

$$C_3 = 1187136 + 1187136 * 0,09 = 1293972 \text{ грн.}$$

Єдиний соціальний внесок

Єдиний соціальний внесок визначається на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плати. Законодавством України на 2022 рік єдиний соціальний внесок дорівнює 22%.

$$C_c = C_z * 0,22$$

$$C_c = 1293972 * 0,22 = 284674 \text{ грн.},$$

Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітникам і можуть визначатися за фактичними даними підприємства. В нашому випадку трати на ремонт неможливі тому що система має гарантію 10 років від фірми яка є розробником проекта та монтажною організацією.

Визначення вартості споживаної об'єктом електроенергії.

Кількість спожитої енергії за рік:

$$Z = \sqrt{P_{\text{загальне}}^2 + Q_{\text{загальне}}^2} * T * \gamma = \sqrt{68,8^2 + 13,76^2} * 8766 * 1,68 = \\ = 1033274 \text{ грн}$$

де $P_{\text{загальне}}$, $Q_{\text{загальне}}$ – активна та реактивна енергія спожита об'єктом з урахуванням коефіцієнтів використання та участі у максимумі навантажень;

T – корисний час використання, год;

γ – тарифна ставка для електроприймачів другої категорії, кВт/год * грн.

Кількість коштів, які заощаджуються за рахунок згенерованої енергії модульними фотоелектричними станціями:

$$\Gamma = E_{\text{рік}} * \gamma = 203628 * 1,68 = 342095 \text{ грн}$$

де $E_{\text{рік}}$ - кількість згенерованої енергії фотоелектричними станціями протягом року

Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та ін. Згідно з практикою, ці витрати визначаються у розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу.

$$C_{\text{пр}} = 1293972 * 0,04 + 1293972 * 0,04 * 0,22 = 16561 \text{ грн.}$$

Висновок

Дипломний проект електропостачання котеджного комплексу був виконаний згідно норм та правил проектування об'єктів енергетики. Розрахунки споживачів трансформаторної підстанції виконувались на базі вхідних даних по кількості будівель які належать до котеджного комплексу та їх категорійності.

Було спроектовано трансформаторну підстанцію 10/0,4кВ з двома масляними герметичними трансформаторами потужністю 63 кВА. Розподільчий пристрій 10 кВ виконано на базі комірок КСО-393 з використанням вимикачів навантаження, плавких запобіжників та трансформаторів напруги для організації комерційного обліку. РУ-0,4кВ було

виконана на базі панелей ЩО-90 з використанням автоматичних вимикачів та роз'єднувачів.

Проектовані модульні фотоелектричні станції виконані з максимальною ефективністю що можна побачити в розрахунках ефективності ФЕС. Встановлене акумулююче обладнання забезпечить безперебійну споживання електричної енергії та дозволить забезпечити кошти за використану електроенергію.

Встановлене обладнання для аналізу та контролю даних забезпечує ефективне використання робочого часу, та надійність роботи системи.

Технічні рішення по будівництву електричної системи для котеджного комплексу були вибрані економічно вигідними та якісними. Більшість обладнання що було запропоновано виробляється в Україні, невелика кількість обладнання використовується фірми Schneider Electric.

Проектна реалізація потребує капіталовкладень на суму 6590431 грн, що відповідає економічній ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломної роботи для студентів напряму підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Укладачі: Л.В. Тимошенко, І.В. Шереметьєва - Дніпропетровськ: НГУ, 2017. - 15 с.
2. Розрахунки електричних мереж систем електропостачання: Навч. посібник / Г.Г. Півняк, Г.А. Кігель, Н.С. Волотковська; За ред. акад. Г.Г. Півняка. – 3-тє вид., перероб. і доп.-Д.: Національний гірничий університет, 2006. – 216 с.
3. Півняк Г.Г., Білий М.М., Бажін Г.М. Електропостачання гірничих підприємств: Довідковий посібник. -Д.: Національний гірничий університет, 2008. – 550 с.
4. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електроенергетики та електропостачання: Підручник. Вид. 2е, переробідоп. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2009. – 436 с.
5. Разумный Ю.Т., Рухлов А.В. Конспект лекцій по дисципліне "Основы проектирования". -Д.: НГУ, 2007. – 15 с.
6. Верба В.А., Загородніх О.А. Проектний аналіз: Підручник. – К.: КНЕУ, 2000. – 322 с.
7. Загородній А.Г., Стадницький Ю.І. Менеджмент реальних інвестицій: Навч. посіб. – К.: Т-во "Знання", КОО, 2000. – 209 с.
8. Конспект лекції по курсу «Основи електроенергетики та електропостачання» /Уклад. Бажін Г.М. – Дніпро: НГУ.

ДОДАТОК А

| | | Позначення | Найменування | Кількість | Примітка |
|----|----|------------|----------------------|-----------|----------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | A4 | | Пояснювальна записка | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | Графічні матеріали | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | A1 | | | 1 | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |