

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Відділення "Електрифікація та інформаційні системи"

Кафедра “Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка”

До захисту допущено
завідувач кафедру

Інна НЕЗДВЕЦЬКА

“ ” 2024 року

Пояснювальна записка

до дипломного проекту

освітньо-професійний ступінь: фаховий молодший бакалавр

спеціальність: 141 “ Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка ”

на тему: “ Проект енергозберігаючої системи освітлення приватного
будинку з резервним живленням від вітрогенератора ”

Виконав: студент IV курсу, групи Е-41

спеціальності

141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”

Владислав ГЕРУС

Керівник проекту Богдан АНТИПЧУК

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Житомир – 2024 року

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Відділення "Електрифікація та інформаційні системи"
Кафедра "Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка"
галузь знань 14 "Електрична інженерія"
спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"
освітньо-професійний ступінь: фаховий молодший бакалавр

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри
Інна НЕЗДВЕЦЬКА

“___” _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Герусу Владиславу Олександровичу

1. Тема дипломного проекту “Проект енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку з резервним живленням від вітрогенератора” та керівник дипломного проекту Антипчук Богдан Олександрович, затверджені наказом навчального закладу від 25 жовтня 2023 року, №434у.
2. Строк подання студентом проекту “___” червня 2024 року.
3. Вихідні дані до роботи: планове розташування приватного будинку.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
 - Вступ;
 - Аналіз системи освітлення в приміщеннях;
 - Вибір типу системи освітлення та видів освітлення;
 - Розрахунок енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку;
 - Вітрогенераторна система резервного живлення;
 - Обґрунтування економічної ефективності проекту;
 - Охорона праці;
 - Висновки.
5. Перелік візуального та графічного матеріалу:
 - Схема електрична структурна. Енергозберігаюча система освітлення приватного будинку з резервним живленням від вітрогенератора.
 - Схема електрична принципова. Резервне живлення енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Вступ	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р.	
Розділ 1	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р.	
Розділ 2	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р.	
Розділ 3	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р.	
Розділ 4	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р.	
Розділ 5	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р.	
Розділ 6	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р.	
Висновки	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р.	
ГЧ та технічна документація.	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	25 жовтня 2023р.	

7. Дата видачі завдання “25” жовтня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Вступ.	09.11.2023р.	
2.	Розділ 1	30.11.2023р.	
3.	Розділ 2	20.12.2023р.	
4.	Розділ 3	29.01.2024р.	
5.	Розділ 4	29.02.2024р.	
6.	Розділ 5	27.03.2024р.	
7.	Розділ 6	10.04.2024р.	
8.	Висновки	08.05.2024р.	
9.	Графічна частина та технічна документація	29.05.2024р.	

Студент: _____ Владислав ГЕРУС

Керівник проекту: _____ Богдан АНТИПЧУК

[illegible]

“ Проект енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку з
резервним живленням від вітрогенератора ”

РЕФЕРАТ

Дипломний проект складається із 80 листів пояснювальної записки, яка включає шість розділів та графічну частину виконану на 2 листах формату А1 креслярського паперу.

У першому розділі даного дипломного проекту було проведено аналіз існуючих систем освітлення в житлових приміщеннях, вибору рівня їхньої освітленості та джерел освітлення.

У другому розділі було виконано вибір типу системи освітлення та видів самого освітлення в приміщеннях.

У третьому розділі проведено розрахунок енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку, а саме: розраховано необхідну кількість та обрано тип і модель LED-світильників для кожної кімнати приватного будинку, обрано схему їх розташування в кожній із них.

У четвертому розділі було проведено розрахунок, вибір кількості, типу та моделі всього обладнання необхідного для реалізації резервного живлення енергозберігаючої системи офісного приміщення на базі вітрогенератора.

У п'ятому розділі проведено розрахунок економічної ефективності розробленої енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку з резервним живленням від вітрогенератора, а саме: визначено капітальні затрати, експлуатаційні витрати та термін окупності розробленої системи.

У шостому розділі описано правила протипожежної безпеки при роботі з електрообладнанням використаним в даному дипломному проекті, заходи безпеки в електроустановках напругою до 1000 В, а також правила та дії стосовно надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ В ПРИМІЩЕННЯХ	10
1.1 Коротка характеристика аналізу зорових задач	10
1.2 Вибір рівня освітленості та коефіцієнта запасу	10
1.3 Вибір джерел освітлення	12
2 ВИБІР ТИПУ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ТА ВИДІВ ОСВІТЛЕННЯ	17
2.1 Вибір типу системи освітлення	17
2.2 Вибір видів освітлення	19
3 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ	21
3.1 Вихідні дані обраного об'єкту	21
3.2 Розрахунок освітлення	22
3.3 Розташування освітлювальних пристроїв	33
4 ВІТРОГЕНЕРАТОРНА СИСТЕМА РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ	36
4.1 Загальні принципи побудови системи резервного живлення на базі вітрогенератора	36
4.2 Розрахунок загальної електричної потужності споживання системи освітлення приватного будинку за тиждень	38
4.3 Дослідження вітрового потенціалу місцевості на якій буде розміщено вітрогенератор	40
4.4 Вибір типу вітрогенератора	41
4.5 Аеродинамічний розрахунок та вибір моделі вітрогенератора	43
4.6 Розрахунок та вибір типу інвертора	53
4.7 Розрахунок та вибір типу акумуляторних батарей	56

					<i>ДП.141.041.21.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ЗМІСТ</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Герус В.О.</i>						
<i>Перевір</i>		<i>Антипчук Б.О.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Антипчук Б.О.</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Лавріщев О.О.</i>			<i>ЖАТФК, Гр. Е-41</i>			
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						<i>У</i>	<i>6</i>	<i>80</i>

4.8 Вибір пристрою автоматичного ввімкнення резерву	58
5 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ	60
5.1 Розрахунок капітальних витрат	60
5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	62
5.3 Розрахунок терміну окупності	65
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	70
6.1 Протипожежна безпека	70
6.2 Заходи електричної безпеки в установках напругою до 1000 В	72
6.3 Надання першої допомоги при ураженні електричним струмом	74
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	77
ДОДАТКИ	79

ВСТУП

Внутрішнє освітлення приміщень – це один із важливих аспектів під час проектування міських квартир, замських будинків, офісів, спортивних і торгових центрів, цехів, музеїв та ресторанів.

Останніми роками зростання темпу будівництва житлових квартир, приватних будинків, офісних будівель дедалі більше зростає. І в кожній такій будівлі необхідно кваліфіковано виконати проект системи освітлення, оскільки правильно організоване освітлення – це не тільки привабливий інтер'єр, а й сприятливе середовище для роботи, тому до формування систем внутрішнього освітлення слід ставитися відповідально.

Освітлювальні прилади, представлені на сучасному ринку, можна поділити на кілька груп: традиційні лампи розжарювання, які втрачають свою популярність, люмінесцентні та світлодіодні лампи для освітлення приміщень. Однак, під час проектування систем освітлення важливо враховувати наявні перевірені інженерні рішення, технічні проблеми, економічний аналіз, умови для їх вдосконалення та можливості модернізації.

У дипломному проекті аналізуються задачі, які вирішуються на різних етапах проектування. Ці поставлені задачі розробляються та представляються з різним рівнем їх деталізації.

Під час розробки системи освітлення важливо враховувати особливості будівлі та ознайомитися з асортиментом елементів освітлювальної системи, щоб вибрати в подальшому найбільш ефективне проектне рішення стосовно її освітлення.

Також розроблена система освітлення має забезпечувати комфортний та якісний рівень світлового розподілу, який має сприяти підвищенню продуктивності праці та зниженню втоми зорового апарату осіб які

					ДП.141.041.021.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ВСТУП			
Розробив	Герус В.О.							
Перевір	Антипчук Б.О.							
Н. Контр.	Антипчук Б.О.							
Затв.	Лавріщев О.О.							
						Літ.	Арк.	Аркушів
						У	8	80
						ЖАТФК, Гр. Е-41		

перебуватимуть в приміщеннях де вона буде встановлена. Крім того, вона повинна бути не тільки зручною під час своєї експлуатації, а й безпечною у використанні. До того ж сучасні системи освітлення, які впроваджуються у новобудовах мають буди ще й максимально економічними з точки зору споживання електроенергії та матеріалів витрачених на її реалізацію.

Отже, враховуючи все вище сказане, в даному дипломному проекті ми спробуємо реалізувати енергозберігаючу систему освітлення саме для приватного будинку, враховуючи всі сучасні вимоги, які ставляться до подібних систем, а також розробити для неї резервне живлення на базі альтернативного енергозабезпечення, яке дозволить працювати нашій системі освітлення безвідмовно під час перебоїв живлення від основної мережі.

					ДП.141.041.021.ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ В ПРИМІЩЕННЯХ

1.1 Коротка характеристика аналізу зорових задач

Зорові роботи спрямовані на створення освітленого приміщення, яке забезпечує ефективну оптичну унітарність з урахуванням фізіологічних вимог зору, гігієни зору, безпеки праці та інших факторів.

Люмінесцентні джерела або лампи денного світла найбільш близькі до природного освітлення, але вони мають пульсацію світла з частотою електричного струму – 50 Гц. Це призводить до надмірного навантаження м'язової системи ока, кришталика та нервової системи, що сприяє швидкому втомленню та захворюваності. Однак, останнім часом були розроблені нові джерела світла – світлові діоди, які не мають цих недоліків. Незважаючи на їх високу вартість, вони поступово вводяться в експлуатацію.

Тому, освітлення є важливим для збереження здоров'я як у побуті, так і у виробництві.

1.2 Вибір рівня освітленості та коефіцієнта запасу

Око реагує на фізичні параметри світла. Сила світла (I) вимірюється в канделлах (Кд) і відповідає за просторову щільність світлового потоку у визначеному напрямку. Яскравість (U) визначається відношенням сили світла (I) до площі освітленої поверхні. Світловий потік (Φ) вимірюється в люменах (Лм). Освітленість (E) вимірює щільність світлового потоку, що припадає на одиницю площі поверхні (S , м²) та виражається в люксах (Лк). Між світловим потоком, освітленістю та площею поверхні існує певна залежність:

					ДП.141.041.021.ПЗ					
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Герус В.О.			1 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ В ПРИМІЩЕННЯХ			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір		Антипчук Б.О.						У	10	80
								ЖАТФК, Гр. Е-41		
Н. Контр.		Антипчук Б.О.								
Затв.		Лавріщев О.О.								

$$E = \frac{\Phi}{S}, \quad (1.1)$$

де:

E – освітленість приміщення, Лк;

Φ – світловий потік, Лм;

S – площа освітлювальної поверхні, м².

Нормована величина освітленості вказана в державних будівельних нормах (ДБН). Вибір освітленості залежить від розмірів об'єкту, контрасту цього об'єкта з фоном, характеристики фону та типу джерела світла.

Добре спроектована і виконана освітлювальна установка з часом може не відповідати вимогам ДБН через забруднення світильника та джерела світла, а також через зниження відбивної здатності поверхонь світильника. Для того, щоб рівень освітленості в приміщеннях не опускався нижче нормованого рівня, на етапі проектування освітлювальної установки необхідно враховувати коефіцієнт запасу.

Розмір видимого об'єкта зазвичай визначається розміром його тіні, який залежить від напрямку світлового потоку, що падає на поверхню. Тінь утворюється, коли об'єкт або його грань перекриває сусідню ділянку фону.

Обраний рівень нормованої освітленості залежить від розробленої системи освітлення. У системі комбінованого освітлення, яка включає світильники загального та місцевого освітлення, рівень освітленості на робочій поверхні може бути високим. Це призводить до значного підвищення норм освітленості порівняно з системою загального освітлення. Одним з найскладніших питань при виборі рівня освітленості є визначення контрасту та розміру об'єкта розрізнення.

Оскільки енергозберігаюча система освітлення, яку ми проектуємо призначена для приватного будинку, то першочерговим нашим завданням буде вибрати нормовану освітленість та коефіцієнт запасу із ДБН, які

відносяться до приміщень житлового призначення та звести їх, для зручності, до таблиці 1.1.[1]

Таблиця 1.1 – Нормована освітленість та коефіцієнт запасу житлових приміщень

Найменування приміщень	Нормована освітленість E , Лк	Коефіцієнт запасу
Житлові кімнати	200	1,4
Кухня	150	1,4
Коридор, гардеробна, балкон	50	1,4
Ванна кімната, туалет	75	1,4

Дані, які ми звели до таблиці 1.1 будуть нам необхідні для проведення подальшого розрахунку нашої енергозберігаючої системи освітлення та вибору необхідного обладнання для її реалізації.

1.3 Вибір джерел освітлення

Світлодіодні лампи або світлодіодні світильники – це світлотехнічні пристрої, які використовуються для освітлення в домашніх умовах, на промислових підприємствах та на вулицях. Вони працюють на основі світлодіодів – як джерела світла.

Світло у лампах розжарення створюється розпеченою до білого кольору вольфрамовою ниткою за допомогою тепла. Це подібно до тепла в печі, яке виникає від електричного струму, коли електрони швидко коливаються і взаємодіють з кристалічною решіткою металу, випромінюючи видиме світло. Проте лише близько 15% електричної енергії, яка живить лампу, витрачається на це світло.

Світлодіоди відрізняються від ламп розжарювання тим, що вони випромінюють світло без виділення тепла. Це досягається завдяки особливостям їх конструкції, яка спрямована на використання енергії струму для випромінювання світла певної довжини хвилі. В результаті, коефіцієнт корисної дії світлодіода як джерела світла перевищує 50%.

У даному випадку, струм протікає через р-п-перехід, де відбувається злиття електронів і дірок з випромінюванням фотонів видимого світла певної частоти, що вказує на конкретний колір. Кожен світлодіод має електронно-дірковий перехід (див. рис.1.1), що складається з напівпровідників р-типу (дірки) та n-типу (електрони).

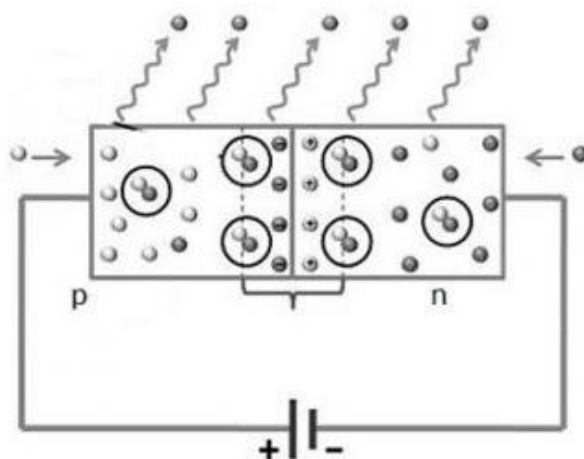


Рисунок 1.1 – Р-п-перехід світлового діода

Коли струм проходить через цей перехід у прямому напрямку, відбувається перехід заряду між контактними точками напівпровідників різних типів провідності. Носії заряду перескакують між енергетичними рівнями, переходячи з області з одним типом провідності в область з іншим типом провідності. Під час цього процесу електрони зі своїм негативним зарядом поєднуються з іонами позитивно заряджених дірок, що призводить до виникнення фотонів світла. Частота цих фотонів пропорційна різниці енергетичних рівнів атомів (висоті потенційного бар'єру) між речовинами з обох сторін переходу.

Світлодіоди можуть мати різні конструктивні форми, але найпоширенішою є п'ятиміліметровий корпус-лінза (див. рис.1.2). Цей тип світлодіода часто використовується як індикатор на побутовій техніці. У такій формі світлодіода верхня частина корпусу має форму лінзи, всередині якого знаходиться параболічний рефлектор.

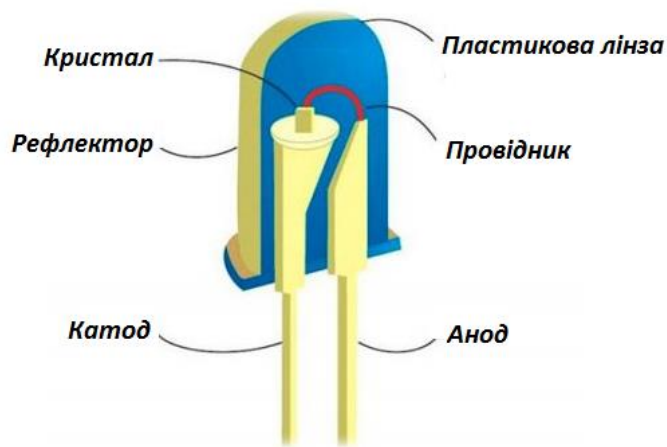


Рисунок 1.2 – Будова світлового діода

На рефлекторі розташований кристал, який випромінює світло в місці проходження струму через р-п-перехід. Електрони рухаються від катода до анода через кубічний кристал, а з рефлектора – в напрямку тонкого провідника.

Головним елементом світлодіода є напівпровідниковий кристал, який має розмір 0,3х0,3х0,25 мм. Кристал з'єднується з анодом за допомогою тонкої дротової перемички. Полімерний корпус виконує функцію прозорої лінзи, яка фокусує світло в певному напрямку і обмежує кут розбіжності світлового потоку.

Світлодіодна лампа (див. рис.1.3.) складається з набору світлодіодів і схеми живлення, яка перетворює електричну енергію з мережі на постійний струм з низькою напругою.[4]

Світлодіодні лампи зазвичай мають теплові елементи, такі як радіатори й охолоджувальні ребра, оскільки високі температури негативно впливають на їх роботу. Термін служби та електричний ККД світлодіодних ламп значно кращі, ніж у звичайних ламп розжарення і більшості люмінесцентних ламп. Щоб спростити заміну ламп розжарення на світлодіодні, останні виготовляються зі стандартними цоколями, такими як E27 та інші.

На відміну від більшості люмінесцентних ламп, таких як трубки або компактні, світлодіоди миттєво набирають повну яскравість без необхідності прогрівання. Крім того, світлодіодні лампи мають довший термін служби,

оскільки не піддаються пониженню рівня якості світлового випромінювання через часті вмикання та вимикання, що є проблемою для люмінесцентних ламп з вольфрамовими нитками розжарення. Однак, світлодіодні лампи зазвичай коштують дорожче. Більшість світлодіодних ламп не випромінюють світло у всіх напрямках, але лампи, які розповсюджують світло на 360°, стають все більш поширеними.



Рисунок 1.2 – Будова світлодіодної лампи

Світлодіодне випромінювання відрізняється від інших джерел світла тим, що воно є більш спрямованим, подібним до вузького променя. Світлодіодні лампи використовуються як для загального освітлення, так і для спеціальних цілей. Вони особливо зручні там, де потрібне світло певного кольору, оскільки не потребують використання світлофільтрів, які поглинають частину світлової енергії.

Світлодіодні лампи мають довший термін служби до 50000 годин і вищу ефективність, яка виражається у світловіддачі 100 Лм/Вт, ніж більшість інших відомих ламп, таких як лампи розжарення, що мають світловіддачу 12

Лм/Вт. При правильній температурі світлодіодні джерела світла мають малі розміри, що дозволяє гнучко проектувати світильники і забезпечує хороший контроль над розподілом світла за допомогою малих відбивачів або лінз. Завдяки невеликому розміру світлодіодів, керування просторовим розподілом освітленості світлодіодних ламп є надзвичайно гнучким. Світлодіоди, які використовують принцип колірного змішування, можуть випромінювати широкий спектр кольорів, змінюючи співвідношення світла, створюваного в кожному з основних кольорів. Лампи зі світлодіодами можуть містити світлодіоди різних кольорів, які можуть бути змішані. Деякі сучасні світлодіодні лампи можуть працювати з димерами, а також зі старими лампами розжарення або галогеновими. Світлодіоди застосовуються у велосипедних та автомобільних фарах, ліхтариках, садових світильниках, медицині, святковій ілюмінації, побуті, виробництві та інших галузях.

Світлодіодні лампи не містять шкідливих речовин, таких як ртуть або свинець, і можуть бути утилізовані як побутові відходи, що розширює їх можливості застосування. Виробники світлодіодних ламп надають гарантійний термін роботи до 3 років. Робоча температура навколишнього середовища світлодіодних ламп та світильників становить від -40° до $+50^{\circ}\text{C}$.

За останні роки світлодіоди та все, що пов'язане з ними, стали дуже популярними.

Компанії, які продають LED системи та компоненти, постійно вдосконалюють свої розробки, щоб задовольнити потреби споживачів. Світлодіоди вже визнані як надійне джерело світла з довгим терміном служби та економічним споживанням електроенергії, тому попит на них постійно зростає, а тому в подальшому для реалізації енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку, яка розробляється в даному дипломному проекті ми будемо акцентувати увагу при виборі обладнання саме на світлодіодні джерела світла.

2 ВИБІР ТИПУ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ТА ВИДІВ ОСВІТЛЕННЯ

2.1 Вибір типу системи освітлення

При проектуванні системи освітлення завжди виникає питання щодо вибору її типу. Існують два основних типи систем освітлення:

- загальне освітлення (рівномірне або локалізоване);
- комбіноване (комбінація загального і місцевого освітлення).

Система загального освітлення призначена не тільки для освітлення робочих поверхонь, але й для освітлення всього приміщення. Тому світильники загального освітлення зазвичай розміщують на стелі або в безпосередній близькості до неї, на достатньо великій відстані від робочих поверхонь. Світильники в системі загального рівномірного освітлення розміщуються рівномірно у приміщенні: відстані між ними та відстань між рядами залишаються постійними. Цей метод використовується для забезпечення рівномірного освітлення всієї площини приміщення. У випадках, коли потрібно додаткове підсвічування окремих ділянок, але неможливо встановити місцеве освітлення, застосовується локалізоване розміщення світильників.

Інша система освітлення – це комбінована система, яка включає в себе світильники, розміщені неподалік від робочого місця і призначені для освітлення лише робочої поверхні (місцеве освітлення), а також загальне освітлення, яке розподіляє яскравість в полі зору і забезпечує необхідну освітленість по проходах приміщення. Основним елементом цієї системи є світильник місцевого освітлення, вибір типу та розміщення якого відносно робочої поверхні може значно підвищити рівень видимості рельєфних об'єктів шляхом підвищення контрасту між ними та фоном.

					ДП.141.041.021.ПЗ				
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	2 ВИБІР ТИПУ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ТА ВИДІВ ОСВІТЛЕННЯ				
Розробив	Герус В.О.								
Перевір	Антипчук Б.О.								
Н. Контр.	Антипчук Б.О.								
Затв.	Лавріщев О.О.				ЖАТФК, Гр. Е-41				
					Літ.		Арк.	Аркушів	
					У		17	80	

Серед найпоширеніших способів підвищення контрасту між об'єктом і фоном можна виділити такі:

- створення глибоких і різких власних тіней від рельєфних об'єктів досягається шляхом вибору відповідного напрямку світлового потоку на робочу поверхню; також можна створити дзеркальне відбиття світлової поверхні світильника на поверхні об'єктів або фону, вибравши відповідний розмір і розміщення світильника відносно робочого місця;
- створення різкого розрізнення в коефіцієнтах відбиття різнокольорових об'єктів та фону; для цього необхідно вибрати відповідний спектральний склад випромінювання;
- створення силуетного бачення за допомогою освітлення робочої поверхні на просвітлення або використання рівнояскравих екранів при умові, якщо об'єкти розрізнення і фон мають різні коефіцієнти пропускання або між об'єктом розрізнення й фоном є зазор.

Отже, у всіх випадках, коли потрібно розрізняти малі об'єкти на поверхні або об'єкти з низьким контрастом з фоном, краще використовувати систему комбінованого освітлення. Ця система включає світильники місцевого освітлення, які допомагають вирішити цю задачу максимально повно.

Тепер розглянемо економічні показники обох систем освітлення. Вартість одного встановленого кіловату в системі комбінованого освітлення зазвичай вища, ніж в системі одного загального освітлення. Це пояснюється тим, що в системі комбінованого освітлення додатково до затрат на загальне освітлення потрібно враховувати вартість світильників місцевого освітлення, кронштейнів для кріплення світильників до робочих місць, а також додаткові витрати на установку електричної мережі місцевого освітлення.

Тому з цієї точки зору, тип системи загального освітлення є більш привабливим ніж тип комбінованого. Крім того, система загального освітлення має меншу потужність, ніж система комбінованого освітлення, що

					ДП.141.041.021.ПЗ	Аркуш
						18
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призводить до зменшення витрат електроенергії. Тому експлуатаційні витрати, включаючи вартість електроенергії, яка становить основну частину загальних витрат на освітлення, зазвичай менші при використанні саме загального типу системи освітлення.

З погляду зручності експлуатації, система комбінованого освітлення має переваги над системою загального освітлення. Підвищення нерівномірності розподілу яскравості в полі зору, що може виникати в умовах комбінованого освітлення при дотриманні вимог ДБН щодо співвідношення рівнів освітленості загального і місцевого освітлення, практично не впливає на видимість.

Отже, як бачимо, приведені співставлення переваг і недоліків існуючих типів систем освітлення не дає чіткої відповіді, який із типів систем освітлення є кращим. З одного боку ми маємо малозатратну, з точки зору реалізації та енергоспоживання, систему загального освітлення, а з іншого боку – гнучкий та зручний у використанні тип системи комбінованого освітлення.

2.2 Вибір видів освітлення

Стосовно видів освітлення, то у всіх випадках необхідно встановлювати робоче освітлення, незалежно від наявності аварійного освітлення. Аварійне освітлення потрібно для продовження роботи в приміщеннях та на відкритих ділянках у випадку, коли припинення нормальної роботи через відсутність робочого освітлення може викликати:

- пожежу, вибух, отруєння людей;
- тривале порушення якогось технологічного процесу;
- порушення роботи життєвих центрів підприємств та міст, які обслуговують електро- та водопостачання, зв'язок, і т.д.;
- небезпеку травматизму в місцях масового скупчення людей;

- порушення нормальної роботи операційних, кабінетів невідкладної допомоги та прийомних палат лікувальних закладів.

Робоче освітлення повинно забезпечувати освітленість поверхонь на рівні 5% від нормованого значення для загального освітлення.

Аварійне освітлення для евакуації людей є обов'язковим у таких випадках:

- у місцях, де є небезпека для проходження людей;
- на шляхах евакуації з виробничих і соціальних будівель, де перебуває більше 50 осіб;
- у всіх виробничих приміщеннях з числом робочих місць більше 50 та інших приміщеннях, де перебуває більше 100 осіб.

Аварійне освітлення повинно створювати в проходах освітленість 0,5 Лк – в самих будівлях та 0,2 Лк – за їх межами.[1]

Отже, враховуючи все вище сказане в даному розділі дипломного проекту для реалізації нашої системи освітлення, яка має бути в першу чергу енергозберігаючою, свій вибір ми зупинимо на використанні освітлення загального типу, який будемо використовувати для освітлення всього приміщення, в тому числі й робочих поверхонь. Тобто робоче освітлення в нашій системі має місце, а от від аварійного, ми можемо сміливо відмовитись, так як в нашому випадку розроблювана система освітлення призначена для приватного будинку. Такий вид освітлення може бути реалізований наступними способами:

- з рівномірним розміщенням світильників, якщо в приміщеннях з робочими зонами, ці зони розміщені рівномірно по всій площі з однаковими умовами зорової роботи, а також у випадку необхідності забезпечення рівномірного освітлення всього приміщення (вітальня, коридор, вбиральня, ванна кімната тощо);
- з нерівномірним розташуванням ламп та світильників під стелею освітленого приміщення.

3 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

3.1 Вихідні дані обраного об'єкту

Приватний будинок, для якого ми будемо розробляти енергозберігаючу систему освітлення знаходиться в м. Житомир. Його загальна площа житлових приміщень становить 100 м². Висота стелі всіх приміщень рівна значенню 2,7 м. Планове розташування нашого приватного будинку показано на рисунку 3.1.

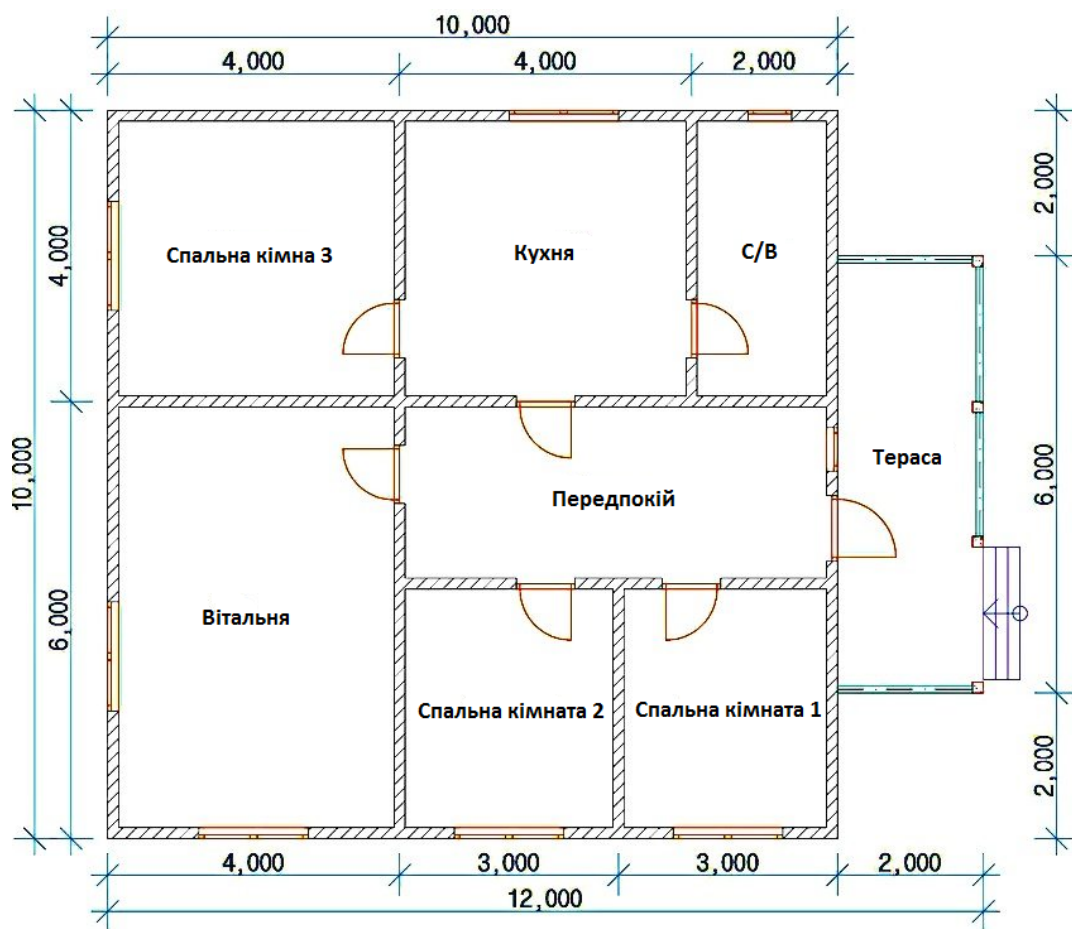


Рисунок 3.1 – Планове розташування приватного будинку

					ДП.141.041.021.ПЗ		
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	3 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ		
Розробив	Герус В.О.						
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						
Затв.	Лавріщев О.О.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					У	21	80
					ЖАТФК, Гр. Е-41		

У відповідності до планового розташування бачимо, що будинок має наступні житлові кімнати, а саме: передпокій, кухню, вітальню, санітарно-технічний вузол (ванна/туалет) та три спальні кімнати.

У всіх приміщеннях, так як вони є в основному житловими, буде переважати зоровий вид робіт для яких за мету ставиться створення в приміщеннях такого світлового середовища при якому розроблена система освітлення має забезпечити його якість враховуючи всі вимоги стосовно фізіології та гігієни зору, безпеки праці, тощо.

Для зручності, до таблиці 3.1 зведемо всі геометричні розміри та площу кожної із кімнат нашого приватного будинку, які далі будуть необхідні для розрахунку розроблюваної системи освітлення.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані приміщень приватного будинку

№	Назва кімнати офісного приміщення	Довжина (a, м)	Ширина (b, м)	Площа (S, м ²)
1	Передпокій	6	2,5	15
2	Кухня	4	4	16
3	Санітарно-технічний вузол	4	2	8
4	Вітальня	6	4	24
5	Спальня кімната 1	3,5	3	10,5
6	Спальня кімната 2	3,5	3	10,5
7	Спальня кімната 3	4	4	16
8	Разом:	-	-	100

3.2 Розрахунок освітлення

Розрахунок загального штучного освітлення кожного із приміщень приватного будинку буде здійснюватися методом коефіцієнта використання світлового потоку. Як зазначалося раніше, для зручності розміри всіх приміщень зведено до таблиці 3.1. Також, в ході розрахунку, буде вибрано джерело світла для конкретного приміщення та визначено кількість ламп в одному світильнику.

Для розрахунку необхідно виконати наступні кроки:

- вибрати джерело світла та тип світильника;
- вибрати тип лампи, яка забезпечить необхідну освітленість;
- обґрунтувати норму освітленості робочих поверхонь у заданому приміщенні;
- залежно від індексу приміщення та коефіцієнтів відбиття, визначити коефіцієнт використання світлового потоку;
- розрахувати кількість світильників, з урахуванням кількості ламп у кожному світильнику.

Першочерговою задачею в нашому розрахунку є визначення норми освітлення E_n кожного приміщення нашого приватного будинку залежно від його функціонального призначення у відповідності до ДБН. Ці норми ми вже згадували раніше, у підрозділі 1.2 даного дипломного проекту (див. таблицю 1.1). Отримані результати стосовно норми освітлення та коефіцієнта запасу, який від неї залежить, для кожного із наших приміщень приватного будинку зведемо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Нормована освітленість та коефіцієнт запасу приміщень приватного будинку у відповідності до ДБН

№	Назва кімнати офісного приміщення	Нормована освітленість кімнат приватного будинку (E_n , Лк)	Коефіцієнт запасу
1	Передпокій	50	1,4
2	Кухня	150	1,4
3	Санітарно-технічний вузол	75	1,4
4	Вітальня	200	1,4
5	Спальня кімната 1	200	1,4
6	Спальня кімната 2	200	1,4
7	Спальня кімната 3	200	1,4

Індекс приміщення визначається на основі геометричних характеристик приміщення:

$$i = \frac{S}{[h_p \cdot (a + b)]}, \quad (3.1)$$

де:

a – довжина приміщення приватного будинку, м;

b – ширина приміщення приватного будинку, м;

S – площа приміщення приватного будинку, м²;

h_p – висота підвісу світильника над робочою поверхнею в приміщенні приватного будинку, м.

При чому, під час проведення розрахунку освітлення в приміщеннях, будемо враховувати, що висота робочих поверхонь (столів) $h_{p.n.} = 0,8$ м, а відстань від світильника до стелі $h_c = 0$ м.

Висоту підвісу світильників над підлогою h_o будемо розраховувати за виразом:

$$h_o = h - h_c, \quad (3.2)$$

де:

h – висота стелі приміщення приватного будинку, м.

А висоту підвісу світильників над робочою поверхнею в житлових приміщеннях приватного будинку визначатимемо у відповідності до виразу:

$$h_p = h_o - h_{p.n.}. \quad (3.3)$$

Враховуючи той факт, що відстань від світильника до стелі у нашому випадку прийнята: $h_c = 0$ м, то висота підвісу світильників над підлогою h_o в кожному із житлових приміщень нашого приватного будинку становитиме: $h_o = h = 2,7$ м. Отже, розрахунок почнемо відразу із визначення висоти підвісу світильника над робочою поверхнею, при цьому слід враховувати, що

робоча поверхня, така як стіл є в приміщеннях, таких як: кухня, вітальня та спальна кімната №3, тому матимемо, що:

$$h_{p_кухня} = h_{p_вітальня} = h_{p_спк_№3} = 2,7 - 0,8 = 1,9 \text{ м.}$$

Для решти приміщень робоча поверхня є підлогою самого приміщення, а тому в таких приміщеннях як: передпокій, санітарно-технічний вузол, спальна кімната №1 та №2 значення висоти підвісу світильника над робочою поверхнею $h_p = h_o = 2,7 \text{ м.}$

Далі визначимо індекс кожного із приміщень нашого приватного будинку, для цього скористаємось виразом 3.1 та даними таблиці 3.1:

$$i_{\text{передпокій}} = \frac{15}{[2,7 \cdot (6 + 2,5)]} = 0,65 ;$$

$$i_{\text{кухня}} = i_{\text{спк_№3}} = \frac{16}{[1,9 \cdot (4 + 4)]} = 1,1 ;$$

$$i_{c/v} = \frac{8}{[2,7 \cdot (4 + 2)]} = 0,5 ;$$

$$i_{\text{вітальня}} = \frac{24}{[1,9 \cdot (6 + 4)]} = 1,3 ;$$

$$i_{\text{спк_№1}} = i_{\text{спк_№2}} = \frac{10,5}{[2,7 \cdot (3,5 + 3)]} = 0,6 .$$

Залежно від виділення пилу під час роботи та коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення таких як: ρ_c – коефіцієнт відбиття стелі, $\rho_{ст}$ – коефіцієнт відбиття стін та ρ_n – коефіцієнт відбиття робочої поверхні, можна виділити такі типи приміщень:

- світлі, у яких: $\rho_c = 0,7$; $\rho_{cm} = 0,5$; $\rho_n = 0,3$;
- із незначним пиловим виділенням: $\rho_c = 0,5$; $\rho_{cm} = 0,3$; $\rho_n = 0,1$;
- із значним пиловим виділенням: $\rho_c = 0,3$; $\rho_{cm} = 0,1$; $\rho_n = 0,1$.

Враховуючи той факт, що всі приміщення приватного будинку, для якого розробляється система освітлення є житловими та несуть лише побутовий характер свого призначення, то будемо вважати, що всі вони є світлими, тобто мають такі коефіцієнти відбиття: $\rho_c = 0,7$; $\rho_{cm} = 0,5$; $\rho_n = 0,3$.

Тепер, скориставшись даними таблиці 3.3 та розрахунком за виразом 3.1 значенням індексу кожного із приміщень, визначимо коефіцієнт використання світлового потоку η , який необхідний для подальшого розрахунку енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку.

Таблиця 3.3 – Показники коефіцієнта використання світлового потоку залежно від типу приміщення та його індексу

ρ_c %	ρ_{cm} %	ρ_n %	Коефіцієнт використання світлового потоку η , % при індексі приміщення i										
			0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0
70	50	30	0,25	0,31	0,35	0,38	0,41	0,43	0,45	0,47	0,50	0,54	0,56
50	30	10	0,23	0,29	0,33	0,36	0,38	0,40	0,32	0,44	0,46	0,50	0,52
30	10	10	0,20	0,26	0,30	0,22	0,35	0,37	0,49	0,41	0,44	0,48	0,50

Отже, отримаємо, що коефіцієнт використання світлового потоку для приміщень нашого приватного будинку буде становити:

- передпокій: $\eta = 0,35$;
- кухня та спальня кімната №3: $\eta = 0,45$;
- санітарно-технічний вузол: $\eta = 0,25$;
- вітальня: $\eta = 0,47$;
- спальня кімната №1 та №2: $\eta = 0,31$.

До встановлення в кімнатах, таких як: кухня, вітальня та спальня кімната №3 приймаємо точкові світильники компанії-виробника NOVODVORSKI модель White (11 x 9 см) зображений на рисунку 3.2, параметри якого зведено до таблиці 3.4.



Рисунок 3.2 – Точковий накладний світильник NOVODVORSKI, модель White (11 x 9) см

Таблиця 3.4 – Параметри точкового накладного світильника NOVODVORSKI, модель White (11 x 9) см

Висота:	11 см
Діаметр:	9 см
Лампи:	1 шт. x 6,5 Вт (LED, 600 Лм, 3000 К)
Плафон:	Метал, білий
Ступінь захисту:	IP54
Живлення від мережі:	220 В
Країна виробник:	Польща

Для спальної кімнати №1 та спальної кімнати №2 оберемо точковий накладний світильник компанії-виробника NORDLUX (див. рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Точковий накладний світильник NORDLUX

Параметри обраного світильника NORDLUX показані в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Параметри точкового накладного світильника NORDLUX

Висота:	6 см
Діаметр:	10 см
Лампи:	1 шт. х 8,5 Вт (LED, 500 Лм, 3500 К)
Плафон:	Пластик, білий
Ступінь захисту:	IP20
Живлення від мережі:	220 В
Країна виробник:	Данія

Для передпокою та санітарно-технічного вузла нашого приватного будинку оберемо врізний точковий світильник компанії-виробника NOVODVORSKI, модель Helios (див. рис. 3.4), його параметри наведено в таблиці 3.6.



Рисунок 3.4 – Врізний точковий точковий світильник NOVODVORSKI, модель Helios

Таблиця 3.6 – Параметри точкового врізного точкового світильника NOVODVORSKI, модель Helios

Висота:	5,2 см
Діаметр 1:	10,2 см
Діаметр 2:	8,5 см
Лампи:	1 шт. х 6 Вт (LED, 290 Лм, 4000 К)
Плафон:	Пластик, білий
Ступінь захисту:	IP44
Живлення від мережі:	220 В
Країна виробник:	Польща

Тепер визначимо необхідну кількість світильників у кожній із кімнат приватного будинку, враховуючи обрані вище моделі та дані таблиці 3.2, в якій наведено норми освітленості для кожної із наших кімнат, використавши наступну формулу:

$$N = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot z \cdot S}{\eta \cdot \Phi \cdot n}, \quad (3.4)$$

де:

N – кількість світильників, шт.;

E_n – нормовано освітленість приміщень приватного будинку, Лк;

K_3 – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт рівномірності (для світлодіодних ламп його приймають рівним значенню 1,1);

S – площа приміщення приватного будинку, м²;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

Φ – світловий потік однієї лампи обраного типу та моделі світильника, Лм;

n – кількість ламп в обраному типу та моделі світильника, шт.

Отже, використовуючи вираз 3.4 будемо мати, що:

$$N_{\text{передпокій}} = \frac{50 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 15}{0,35 \cdot 290 \cdot 1} \approx 12 \text{ шт.};$$

$$N_{\text{кухня}} = \frac{150 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 16}{0,45 \cdot 600 \cdot 1} \approx 14 \text{ шт.};$$

$$N_{\text{с/в}} = \frac{75 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 8}{0,25 \cdot 290 \cdot 1} \approx 12 \text{ шт.};$$

$$N_{\text{віальня}} = \frac{200 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 24}{0,47 \cdot 600 \cdot 1} \approx 26 \text{ шт.};$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.141.041.021.ПЗ

Аркуш

30

$$N_{\text{СПК_№1}} = N_{\text{СПК_№2}} = \frac{200 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 10,5}{0,31 \cdot 500 \cdot 1} \approx 20 \text{ шт.};$$

$$N_{\text{СПК_№3}} = \frac{200 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 16}{0,45 \cdot 600 \cdot 1} \approx 18 \text{ шт.}$$

Визначимо потужність системи освітлення у кожній із кімнат приватного будинку за формулою:

$$P_{\text{co}} = N \cdot P_{\text{л}} \cdot (1 + \Delta P_{\text{пра}}), \quad (3.5)$$

де:

P_{co} – потужність системи освітлення кімнати приватного будинку, Вт;

N – кількість світильників, шт.;

$P_{\text{л}}$ – потужність лампи, Вт;

$\Delta P_{\text{пра}}$ – втрати потужності в пускорегулюючій апаратурі (ПРА) системи освітлення, які для розрахунків приймають рівними значенню близькому до 0,25 Вт.

В результаті отримаємо:

$$P_{\text{co_передпокій}} = 12 \cdot 6 \cdot (1 + 0,25) = 90 \text{ Вт};$$

$$P_{\text{co_кухня}} = 14 \cdot 6,5 \cdot (1 + 0,25) = 113,8 \text{ Вт};$$

$$P_{\text{co_с/в}} = 12 \cdot 6 \cdot (1 + 0,25) = 90 \text{ Вт};$$

$$P_{\text{co_вітальня}} = 26 \cdot 6,5 \cdot (1 + 0,25) = 211,3 \text{ Вт};$$

$$P_{\text{co_СПК_№1}} = P_{\text{co_СПК_№2}} = 20 \cdot 8,5 \cdot (1 + 0,25) = 212,5 \text{ Вт};$$

$$P_{co_спк_№3} = 18 \cdot 6,5 \cdot (1 + 0,25) = 146,3 \text{ Вт.}$$

Отже, загальна потужність енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку становить:

$$P_{co_заг.} = \sum_{k=1}^n P_{co} , \quad (3.6)$$

де:

$P_{co_заг.}$ – загальна потужність енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку, Вт;

n – кількість кімнат в приватному будинку;

P_{co} – потужність системи освітлення кімнати приватного будинку, Вт.

Отримаємо:

$$P_{co_заг.} = 90 + 113,8 + 90 + 211,3 + 2 \cdot 212,5 + 146,3 = 1076,4 \text{ Вт.}$$

Для зручності всі проведені вище розрахунки зведемо до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати розрахунків кімнат приватного будинку

Кімната	h_p , м	i	η	Тип джерела світла	Φ , Лм	N , шт.	P_{co} , Вт
Передпокій	2,7	0,65	0,35	світлодіодна лампа	290	12	90
Кухня	1,9	1,1	0,45	світлодіодна лампа	600	14	113,8
С/в	2,7	0,5	0,25	світлодіодна лампа	290	12	90
Вітальня	1,9	1,3	0,47	світлодіодна лампа	600	26	211,3
Спальна кімната №1	2,7	0,6	0,31	світлодіодна лампа	500	20	212,5
Спальна кімната №2	2,7	0,6	0,31	світлодіодна лампа	500	20	212,5
Спальна кімната №3	1,9	1,1	0,45	світлодіодна лампа	600	18	146,25

3.3 Розташування освітлювальних пристроїв

Перед початком встановлення точкових світильників розроблюваної нами енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку необхідно обов'язково вибрати схему їх розташування. Ця справа має безліч нюансів, і якщо їх не врахувати, неправильне розміщення може негативно вплинути на інтер'єр кімнат, якість освітлення і навіть споживання електроенергії. Також важливо враховувати, що для кожної кімнати є свої вимоги до розташування світильників.

Отже, перше, що потрібно знати – це вимоги до розташування освітлювальних пристроїв в кімнатах. Для забезпечення якісного та максимально ефективного освітлення рекомендується дотримуватися наступних правил та вимог:

- відстань від краю стіни до точкових світильників на стелі повинна бути не менше 20 см;
- для правильного розміщення люстри, її потрібно встановити точно по центру стелі. У випадку, якщо це студія, рекомендується розмістити люстру посередині певної зони, такої як вітальня або кухня, з урахуванням дизайну кімнати;
- якщо використовуються натяжні стелі, то відстань між вбудованими світильниками і швом ПВХ плівки повинна бути не менше 15 см;
- один точковий світильник може освітлювати не більше 2 м² приміщення.

У тому випадку, якщо планується розмістити стельові освітлювальні прилади симетрично, то необхідно переконайтеся в тому, що вони будуть встановлені на однаковій відстані один від одного та від стін.

На рисунку 3.5 зображено декілька варіантів найбільш розповсюджених схем розташування точкових світильників.

Тому, враховуючи розрахунки проведені в підрозділі 3.2 нашого дипломного проекту, а також правила та вимоги щодо розміщення точкових

					ДП.141.041.021.ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

світильників в кімнатах, нам необхідно обрати варіанти їх розташування в кімнатах нашого будинку у відповідності до плану кімнат будинку зображеного на рисунку 3.1.

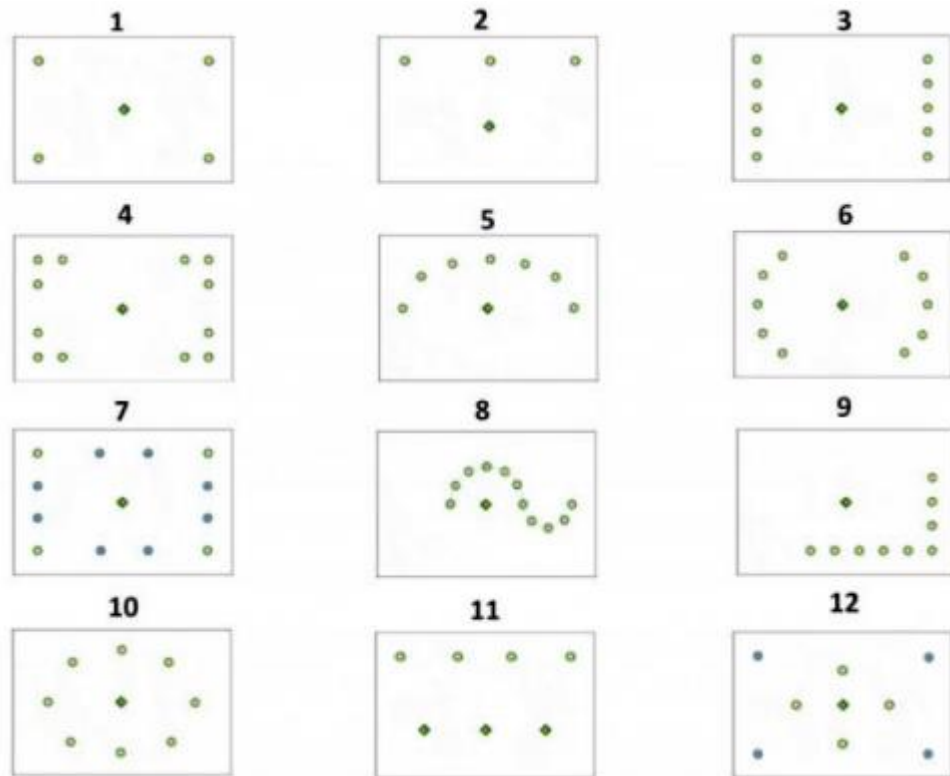


Рисунок 3.5 – Варіанти схем розташування точкових світильників у кімнатах приватного будинку

Згідно із даними таблиці 3.7 та плановим розташуванням кімнат нашого приватного будинку, оберемо за рисунком 3.5 наступні схеми розміщення точкових світильників в якості типової основи:

передпокій – схема №10;

кухня – схема №4;

санітарно-технічний вузол – схема №9;

вітальня – схема №7;

Спальня кімната №1 та №2 – схема №7;

Спальня кімната №3 – схема №6.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.141.041.021.ПЗ

Аркуш

34

В результаті розміщення точкових світильників на плані розташування кімнат приватного будинку матиме вигляд показаний на рисунку 3.6.

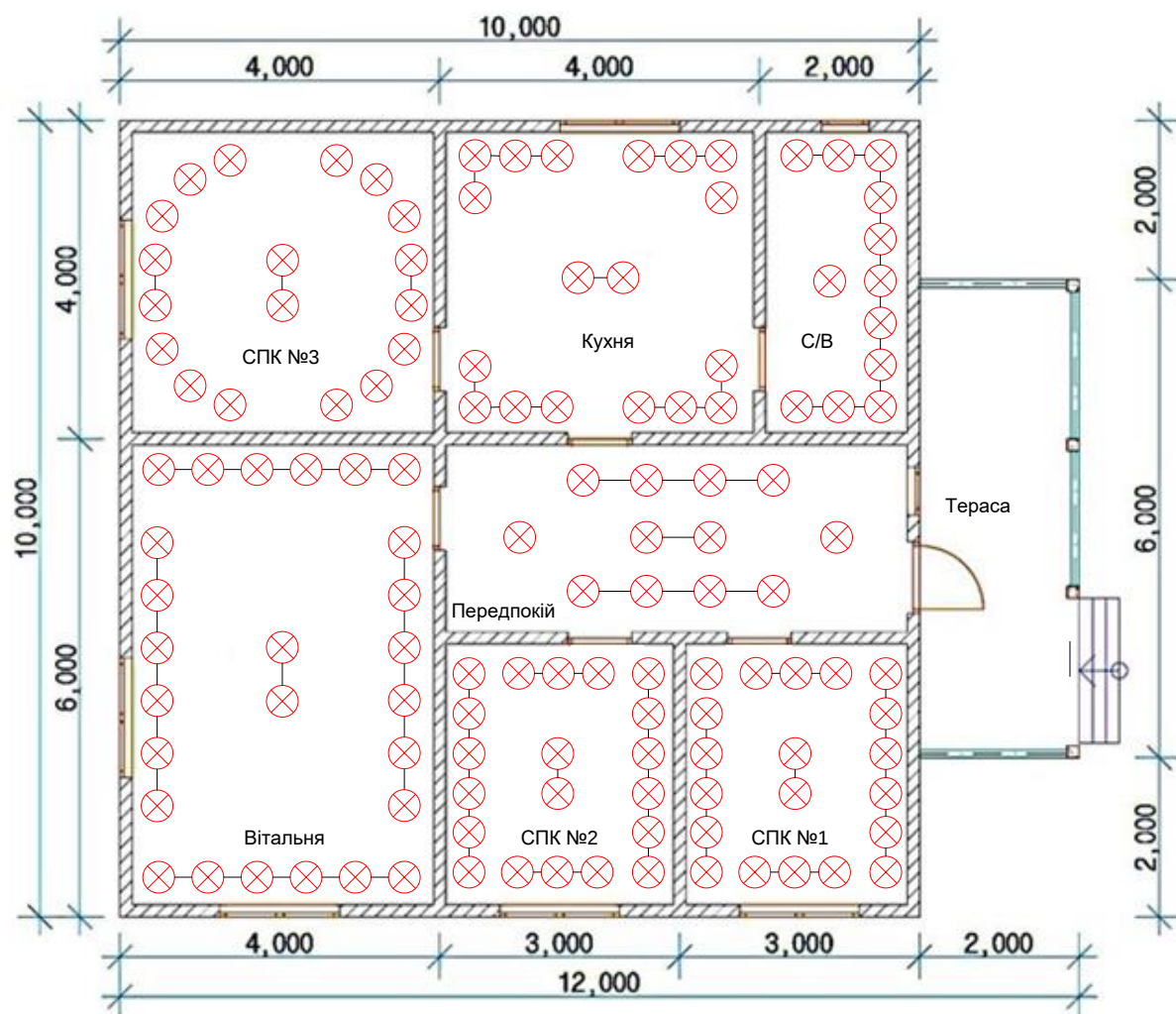


Рисунок 3.6 – Розташування точкових світильників в кімнатах приватного будинку

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.141.041.021.ПЗ

Аркуш

35

4 ВІТРОГЕНЕРАТОРНА СИСТЕМА РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ

4.1 Загальні принципи побудови системи резервного живлення на базі вітрогенератора

Вітрогенераторна система, яку ми розроблятимемо в даному розділі дипломного проекту, буде призначена для постачання електроенергії системі освітлення розроблених в попередньому розділі, під час перебоїв живлення від основної мережі. Рекомендується розміщувати таку систему на ділянці, де відсутні будь-які перешкоди для ефективного отримання вітрового потоку, що в нашому випадку не є проблемою, бо у нашому випадку – об'єктом для якого розробляється і система освітлення, і резервна система – це приватний будинок.

Перед встановленням вітрогенератора, першочерговою задачею є дослідження та розгляд всіх, існуючих на сьогоднішній день, їхніх типів, а також визначення вітрових характеристик місцевості для його майбутнього розташування. Не менш важливим є розрахунок середньої кількості спожитої електричної енергії об'єктом або системою, для якого розробляється резервне живлення на базі вітрогенератора.

Системи резервного електропостачання на основі вітрогенераторів можуть мати три структури: автономну, мережеву та автономно-мережеву.

Автономна структура системи електропостачання на базі вітрогенератора використовуються там, де відсутні централізовані лінії електропередачі або прокладання мереж є ускладненим або економічно не вигідним. Також її застосовують для живлення автономних об'єктів, пересувних об'єктів та пристроїв. Структурна схема автономної вітрогенераторної системи резервного живлення зображена на рисунку 4.1.

					ДП.141.041.021.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Герус В.О.				4 ВІТРОГЕНЕРАТОРНА СИСТЕМА РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ	Літ.	Арк.
Перевір	Антипчук Б.О.					У	36
							80
Н. Контр.	Антипчук Б.О.					ЖАТФК, Гр. Е-41	
Затв.	Лаврицев О.О.						

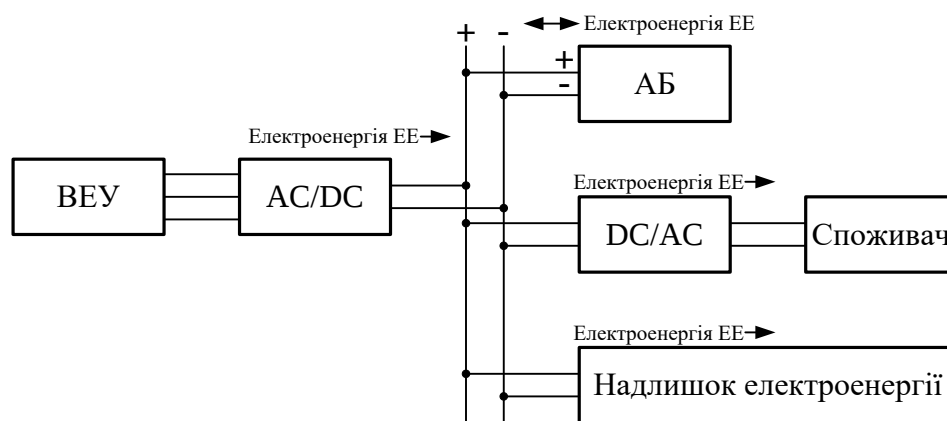


Рисунок 4.1 – Автономна вітрогенераторна система резервного живлення

Мережева структура системи електропостачання на базі вітрогенератора (див. рис. 4.2) призначена для генерації електроенергії шляхом перетворення енергії вітру в електричну енергію, яка потім передається в основну електромережу. Такі системи можуть працювати по зеленому тарифу, продавати електроенергію в централізовану мережу або використовувати її для власного споживання.

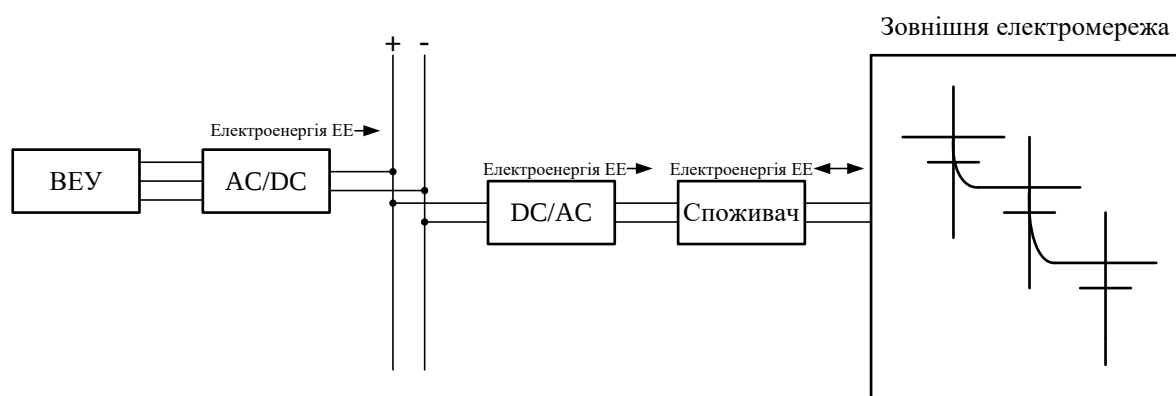


Рисунок 4.2 – Мережева вітрогенераторна система резервного живлення

Автономно-мережева структура системи електропостачання на базі вітрогенератора (див. рис. 4.3) об'єднує в собі особливості побудови автономної та мережевої структур та є універсальною з точки зору її практичного використання.

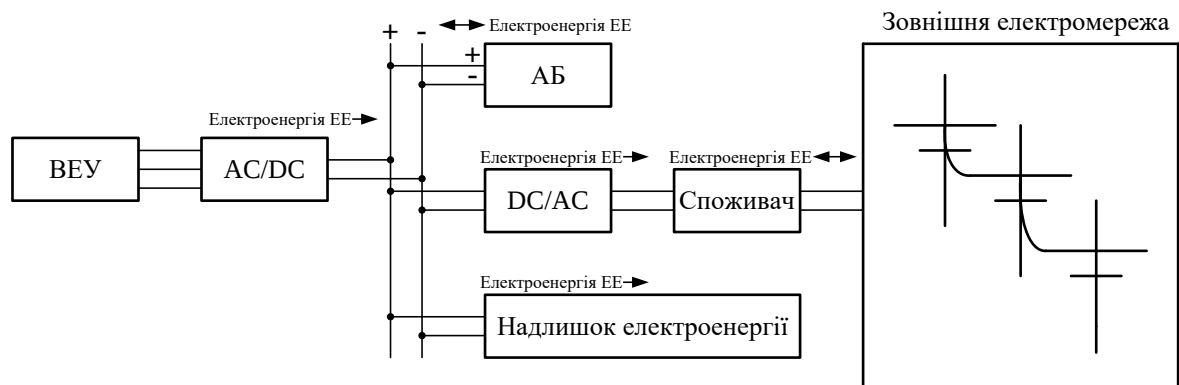


Рисунок 4.3 – Автономно-мережева вітрогенераторна система резервного живлення

Враховуючи вище сказане, на даному етапі розробки можна взяти до уваги можливість використання автономної або автономно-мережевої структури для реалізації нашої системи резервного живлення. Однак, визначення найбільш підходящої структури є складним завданням, оскільки спочатку необхідно визначити тижневу потужність споживання енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку, тип вітрогенератора та його вартість.

4.2 Розрахунок загальної електричної потужності споживання системи освітлення приватного будинку за тиждень

У попередньому розділі даного дипломного проекту була розроблена енергозберігаюча система освітлення приватного будинку на базі світлодіодних ламп та світильників. Згідно з усіма особливостями та рекомендаціями, викладеними у підрозділі 4.1 даного проекту, розробку резервного живлення освітлювальної системи слід розпочати з визначення загальної тижневої електричної потужності, яку має забезпечити вітрогенератор. Для цього складемо таблицю 4.1, в якій зведемо інформацію про розроблену систему освітлення з точки зору її потужності споживання, часу роботи тощо.

Таблиця 4.1 – Характеристика розробленої енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку

Типи системи освітлення	Енергозберігаюча система LED-освітлення
Тип освітлювальної лампи	світлодіодна (LED) лампа
Кількість світильників	122 шт.
Кількість ламп	122 шт.
Середня кількість робочих годин на добу	4 год./доб.
Кількість робочих днів на тиждень	7 днів
Потужність системи освітлення, Вт	1076,4 Вт

Таким чином, з урахуванням даних таблиці 4.1, визначимо електричну потужність розробленої системи енергозбереження освітлення офісного приміщення протягом тижня за формулою:

$$P_{\text{сп_тиж.}} = n_{\text{рд}} \cdot n_{\text{рг/доба}} \cdot P_{\text{сп}}, \quad (4.1)$$

де:

$P_{\text{сп_тиж.}}$ – тижнева потужність споживання розробленої енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку, Вт·год;

$P_{\text{сп}}$ – потужність розробленої енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку, Вт;

$n_{\text{рд}}$ – кількість робочих днів розробленої енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку;

$n_{\text{рг/доба}}$ – кількість робочих годин на добу розробленої енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку, год.

Отримаємо, що:

$$P_{\text{сп_тиж.}} = 7 \cdot 4 \cdot 1076,4 = 30139,2 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 30,14 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Отже, бачимо, що резервне живлення на базі вітрогенератора для енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку, повинно

забезпечити її живленням не менше, ніж потужністю 30,4 кВт·год на тиждень.

4.3 Дослідження вітрового потенціалу місцевості на якій буде розміщено вітрогенератор

Враховуючи той факт, що система резервного живлення на базі вітрогенератора розробляється для енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку, який знаходиться у м. Житомирі, то проведемо аналіз та дослідження потенціалу вітру в даній місцевості для подальшого розрахунку та вибору вітрогенератора. Для цього скористаємось діаграмою середньомісячної швидкості вітру та розою вітрів у м. Житомир за 2023 рік у відповідності до даних українського гідрометеоцентру, які зображені на рисунках 4.4 та 4.5 відповідно.

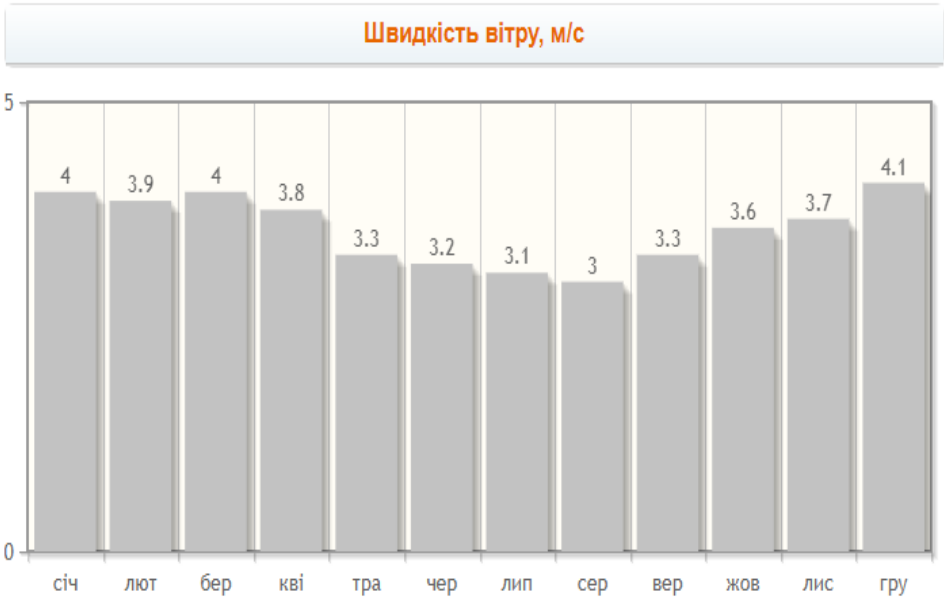


Рисунок 4.4 – Середньомісячної швидкості вітру у м. Житомир за 2023р.

З рисунку 4.4 бачимо, що швидкість вітру в м. Житомир коливається від 3 до 4.1 м/с. Найвища швидкість спостерігається взимку, а найнижча – влітку. Середнє значення швидкості вітру за рік складає 3,6 м/с, що свідчить

про слабкі вітри у місті. Для виробництва електроенергії з вітру в м. Житомир необхідно використовувати вітрогенератори, які працюватимуть ефективно при низьких швидкостях вітру.

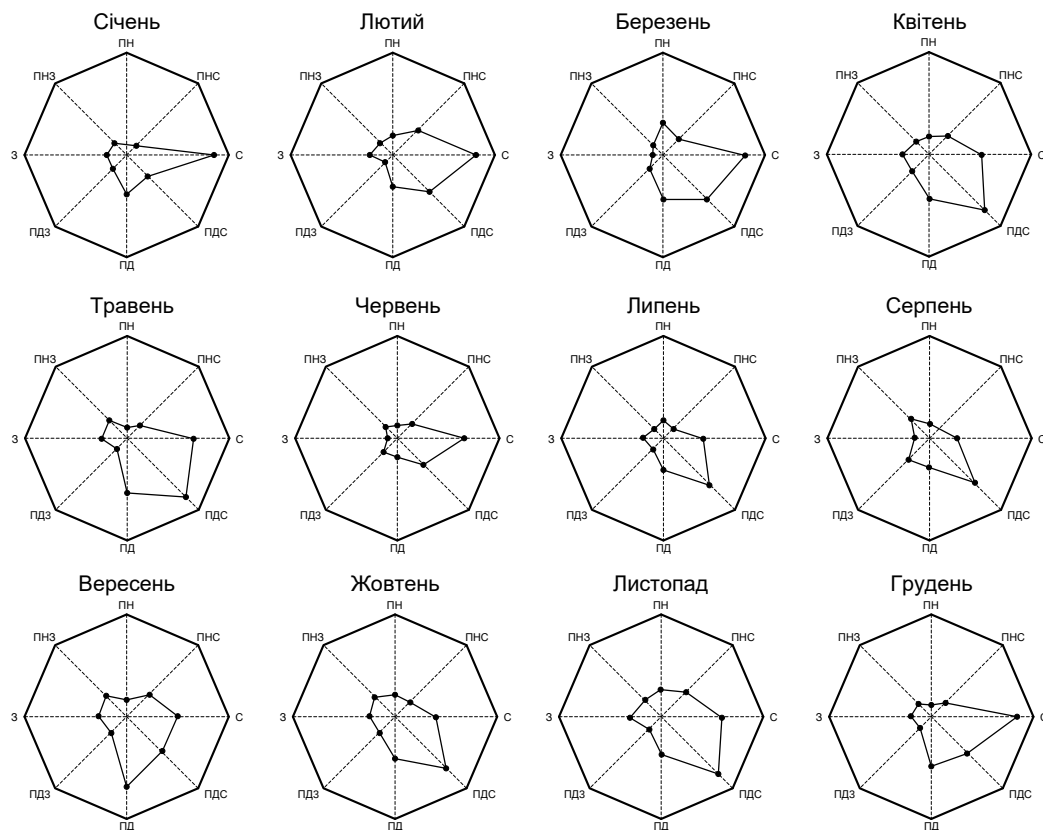


Рисунок 4.5 – Роза вітрів м. Житомир за 2023р.

Аналізуючи розу вітрів на рисунку 4.5, можна зрозуміти, що протягом 2023 року у м. Житомир переважали вітри східного та південно-східного напрямків з середньою швидкістю 3-4 м/с. Це означає, що ми зможемо використовувати вітрогенератор без необхідності переорієнтації на напрям вітру.

4.4 Вибір типу вітрогенератора

На сьогоднішній день існує кілька типів вітрогенераторів: горизонтально-осьові та вертикально-осьові. Дані типи вітрогенераторів зображено на рисунку 4.6.

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.141.041.021.ПЗ

Аркуш

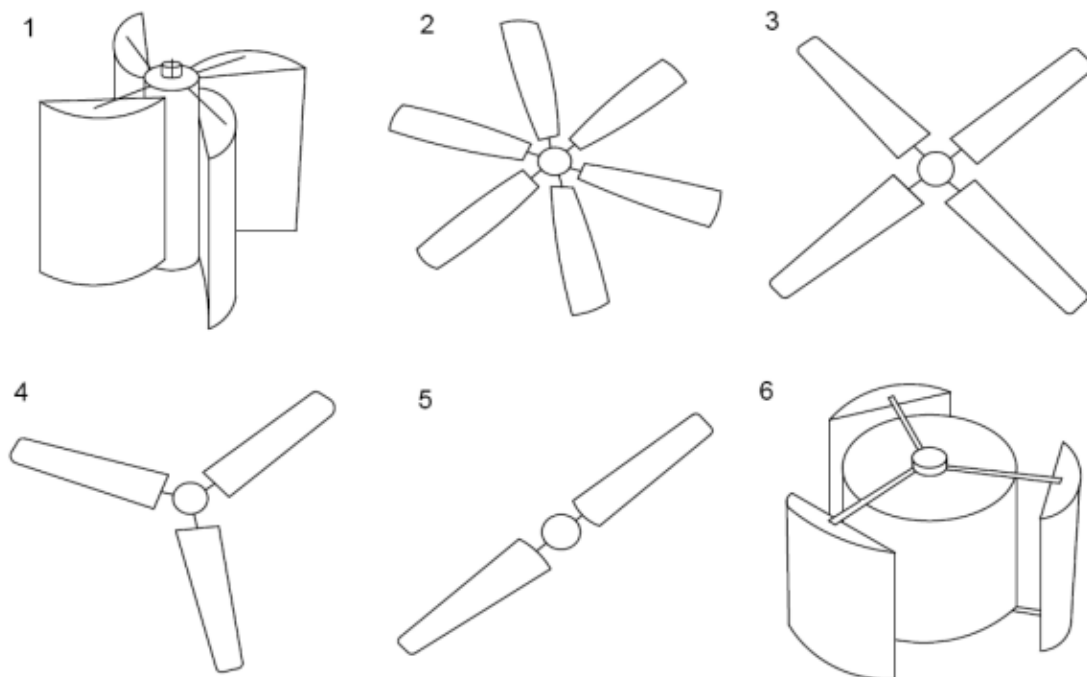


Рисунок 4.6 – Типи вітрогенераторів: 1,6 – вертикально-осьові; 2,3,4,5 – горизонтально-осьові

На місцевостях з постійним і високим коефіцієнтом вітряної погоди рекомендується встановлювати та використовувати горизонтально-осьові вітрогенератори. Однак, ці типи вітрогенераторів потребують додаткового флюгера, який контролює напрямок вітрового потоку. Це призводить до значного зниження швидкості обертання лопатей вітрогенератора.

У нашому випадку, місцевість не відповідає рекомендаціям наведеним вище. Тому, горизонтально-осьовий тип вітрогенератора не можуть бути використаний для забезпечення якісного резервного живлення розробленої системи освітлення приватного будинку.

Інформація стосовно аналізу та дослідження вітрового потенціалу м. Житомир підтверджує, що вертикально-осьові вітроустановки є більш перспективними для використання на даній місцевості. Вони можуть працювати зі швидкістю вітру від 2- 3 м/с, тому для підвищення ефективності вироблення електричної енергії вітрогенератором доцільно використовувати вертикально-осьовий тип вітрогенератора.

Найпопулярніші серед вертикально-осьових вітрогенераторів є генератори з роторами типу Н. Це пояснюється їх простою конструкцією та високою надійністю. Ротори можуть бути однолопатевими або багатолопатевими, такі типи роторів є оптимальними та ефективними для невеликої швидкості вітру, поєднуючи в собі якісні стартові та робочі характеристики.

4.5 Аеродинамічний розрахунок та вибір моделі вітрогенератора

У сучасному світі однією з провідних компаній у виробництві якісних вітрогенераторів різних типів в Європі та, зокрема, в Україні є NAIER. Ця компанія випускає широкий асортимент моделей вітроустановок з горизонтальною та вертикальною віссю обертання потужністю від 10 до 10000 Вт·год. Проведений аналіз вітрового потенціалу м. Житомир та обраний тип вітрової установки дозволяють зупинити вибір на моделях з вертикальною віссю обертання NAIER типу VS (див. табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Вітрогенератори компанії-виробника NAIER з вертикальною віссю обертання

Модель генератора	Номінальна потужність, Вт·год	Максимальна потужність, Вт·год	Стартова швидкість вітру, м/с	Загальний вигляд
NAIER_VS-0001	10	17	2	
NAIER_VS-002	200	260	2	
NAIER_VS-003	300	400	2	
NAIER_VS-005	500	650	2	
NAIER_VS-01	1000	1300	2	
NAIER_VS-03	3000	3600	2	
NAIER_VS-05	5000	6000	2	
NAIER_VS-10	10000	120000	2	

Після аналізу інформації наведеної в таблиці 4.2 та розрахунку тижневої потужності споживання розробленої енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку за формулою 4.1, бачимо, що слід вибрати

модель вітрогенератора з найвищими показниками номінальної та максимальної потужності. Проте, з урахуванням терміну окупності та капіталовкладень у розробку резервного живлення на базі вітрогенератора системи, цей варіант не є зовсім раціональним.

Правильним рішенням буде обрати кілька моделей вітрогенераторів, запропонованих компанією-виробником і провести їх аеродинамічний розрахунок для обрання кращого для наших потреб. Важливо знайти баланс, оскільки дуже потужний вітрогенератор збільшить вартість системи резервного живлення, а малопотужний не задовольнить наші вимоги.

На перший погляд, найкращими для наших цілей є дві моделі вітрогенераторів компанії-виробника NAIER типу VS із представлених у таблиці 4.2, а саме: модель NAIER_VS-05 та модель NAIER_VS-10. У таблиці 4.3 подано номінальні характеристики обох обраних моделей вітрогенераторів.

Таблиця 4.3 – Номінальні характеристики обраних моделей вітрогенераторів компанії-виробника NAIER типу VS

NAIER_VS-05	
Номінальна потужність $P_{\text{ВЕУ}}$, Вт	5000
Вихідна напруга U , В	110
Тип вертикального ротору	H-rotor
Радіус вертикального ротора R , м	2,2
Висота лопаті вертикального ротора $H_{\text{ВР}}$, м	4,5
Кількість лопатей вертикального ротора	5
Стартова швидкість $V_{\text{В ст}}$, м/с	2
Номінальна швидкість $V_{\text{В ном}}$, м/с	14
Максимальна швидкість $V_{\text{В макс}}$, м/с	50
NAIER_VS-10	
Номінальна потужність $P_{\text{ВЕУ}}$, Вт	10000
Вихідна напруга U , В	110
Тип вертикального ротору	H-rotor
Радіус вертикального ротора R , м	3,2
Висота лопаті вертикального ротора $H_{\text{ВР}}$, м	6,5
Кількість лопатей вертикального ротора	5
Стартова швидкість $V_{\text{В ст}}$, м/с	2
Номінальна швидкість $V_{\text{В ном}}$, м/с	14
Максимальна швидкість $V_{\text{В макс}}$, м/с	50

Для остаточного визначення з моделлю вітрогенератора проведемо аеродинамічний розрахунок обраних варіантів, який почнемо із визначення потужності вітрогенератора, яку він виробляє за одну годину своєї роботи:

$$N_{\text{ВУ}_{\text{год}}} = \frac{\rho}{2} \cdot A \cdot C_p \cdot V^3, \quad (4.2)$$

де:

$N_{\text{ВУ}_{\text{год}}}$ – розрахункова потужність обраної моделі вітрогенератора за одну години її роботи, Вт·год;

A – площа вітрового колеса обраної моделі вітрогенератора, м²;

V – швидкість вітру, м/с (див. рис. 4.4);

C_p – коефіцієнт використання вітру (при середньорічній швидкості вітру 3-4 м/с його приймають рівним значенню 0,36);

ρ – об'ємна густина повітря (кг/м³).

Об'ємна густина повітря ρ , необхідна для аеродинамічного розрахунку вітрогенератора, може бути визначена за допомогою наступної формули:

$$\rho = M_n / V_n, \quad (4.3)$$

де:

M_n – маса повітря, кг;

V_n – об'єм повітря, м³.

За нормальних погодних умов, атмосферний тиск рівний значенню 0,1013 МПа, а температура становить 293 К або 20°C. Тому маса повітря і його об'єм вважаються рівними 28,979 кг і 24,055 м³ відповідно.

Тому, значення об'ємної густини повітря буде рівне:

$$\rho = \frac{28,979}{24,055} = 1,205 \text{ кг/м}^3.$$

Далі необхідно обчислити площу робочої поверхні ротора для вибраних моделей вітрогенераторів. Для цього скористаємось виразом:

$$A = 2 \cdot R \cdot H_{BP}, \quad (4.4)$$

де:

R – радіус вертикального ротора, м;

H_{BP} – висота лопаті вертикального ротора обраної моделі вітрогенератора, м.

Отримаємо:

$$A_{NAIER_VS-05} = 2 \cdot 2,2 \cdot 4,5 = 19,8 \text{ м}^2;$$

$$A_{NAIER_VS-10} = 2 \cdot 3,2 \cdot 6,5 = 41,6 \text{ м}^2.$$

Визначимо потужність обраних моделей вітрогенератора за одну годину їхньої роботи за формулою 4.2, а також за тиждень їхньої роботи за формулою 4.5. При цьому такий розрахунок буде проведений для кожного місяця кожної пори року.

$$N_{\text{ВУ_тиждень}} = 168 \cdot N_{\text{ВУ_год}}. \quad (4.5)$$

Тижнева потужність вироблення електроенергії за січень обраних моделей вітрогенератора компанії виробника NAIER становить:

$$N_{NAIER_VS-05_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 19,8 \cdot 0,36 \cdot 4^3 = 274,9 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{NAIER_VS-10_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 41,6 \cdot 0,36 \cdot 4^3 = 577,5 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-05_тиж} = 168 \cdot 274,9 = 46183,2 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_тиж} = 168 \cdot 577,5 = 97020 \text{ Вт} \cdot \text{год} .$$

Тепер визначимо тижневу потужність вироблення електроенергії обраними моделями вітрогенераторів протягом лютого місяця:

$$N_{NAIER_VS-05_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 19,8 \cdot 0,36 \cdot 3,9^3 = 254,7 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 41,6 \cdot 0,36 \cdot 3,9^3 = 535,2 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-05_тиж} = 168 \cdot 254,7 = 42789,6 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_тиж} = 168 \cdot 535,2 = 89913,6 \text{ Вт} \cdot \text{год} .$$

У березні обраними моделями вітрогенераторів буде вироблено електричну потужність рівну значенню:

$$N_{NAIER_VS-05_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 19,8 \cdot 0,36 \cdot 4^3 = 274,9 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 41,6 \cdot 0,36 \cdot 4^3 = 577,5 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-05_тиж} = 168 \cdot 274,9 = 46183,2 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_тиж} = 168 \cdot 577,5 = 97020 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

За квітень отримаємо наступні розрахункові дані по виробленню електричної потужності обраними моделями вітрогенераторів:

$$N_{NAIER_VS-05_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 19,8 \cdot 0,36 \cdot 3,8^3 = 235,7 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{NAIER_VS-10_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 41,6 \cdot 0,36 \cdot 3,8^3 = 495,1 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{NAIER_VS-05_тиж} = 168 \cdot 235,7 = 39597,6 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{NAIER_VS-10_тиж} = 168 \cdot 495,1 = 83176,8 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

За травень місяць дані по виробленню потужності обраними моделями вітрогенераторів будуть наступними:

$$N_{NAIER_VS-05_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 19,8 \cdot 0,36 \cdot 3,3^3 = 154,3 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{NAIER_VS-10_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 41,6 \cdot 0,36 \cdot 3,3^3 = 324,3 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{NAIER_VS-05_тиж} = 168 \cdot 154,3 = 25922,4 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$N_{NAIER_VS-10_тиж} = 168 \cdot 324,3 = 54482,4 \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

За червень місяць обрані моделі вітрогенераторів можуть виробити:

$$N_{NAIER_VS-05_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 19,8 \cdot 0,36 \cdot 3,2^3 = 140,7 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 41,6 \cdot 0,36 \cdot 3,2^3 = 295,7 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-05_тиж} = 168 \cdot 140,7 = 23637,6 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_тиж} = 168 \cdot 295,7 = 49677,6 \text{ Вт} \cdot \text{год} .$$

В липні місяці вироблення електричної потужності обраними моделями вітрогенераторів становитиме:

$$N_{NAIER_VS-05_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 19,8 \cdot 0,36 \cdot 3,1^3 = 127,9 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 41,6 \cdot 0,36 \cdot 3,1^3 = 268,8 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-05_тиж} = 168 \cdot 127,9 = 21487,2 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_тиж} = 168 \cdot 268,8 = 45158,4 \text{ Вт} \cdot \text{год} .$$

За серпень будемо мати такі результати по виробленню електричної потужності обраними моделями вітрогенераторів:

$$N_{NAIER_VS-05_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 19,8 \cdot 0,36 \cdot 3^3 = 116 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 41,6 \cdot 0,36 \cdot 3^3 = 243,6 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-05_тиж} = 168 \cdot 116 = 19488 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_тиж} = 168 \cdot 243,6 = 40924,8 \text{ Вт} \cdot \text{год} .$$

Продовжимо наш розрахунок, щоб визначити тижневу потужність вироблення електроенергії обраними моделями вітрогенераторів у вересні:

$$N_{NAIER_VS-05_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 19,8 \cdot 0,36 \cdot 3,3^3 = 154,3 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 41,6 \cdot 0,36 \cdot 3,3^3 = 324,3 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-05_тиж} = 168 \cdot 154,3 = 25922,4 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_тиж} = 168 \cdot 324,3 = 54482,4 \text{ Вт} \cdot \text{год} .$$

Нижче наведено розрахунки тижневого вироблення потужності обраних моделей вітрогенераторів за жовтень місяць:

$$N_{NAIER_VS-05_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 19,8 \cdot 0,36 \cdot 3,6^3 = 200,4 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 41,6 \cdot 0,36 \cdot 3,6^3 = 421 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-05_тиж} = 168 \cdot 200,4 = 33667,2 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_тиж} = 168 \cdot 421 = 70728 \text{ Вт} \cdot \text{год} .$$

За місяць листопад показники вироблення потужності обраними вітрогенераторами моделі NAIER_VS-05 та NAIER_VS-10 становитимуть:

$$N_{NAIER_VS-05_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 19,8 \cdot 0,36 \cdot 3,7^3 = 217,5 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 41,6 \cdot 0,36 \cdot 3,7^3 = 457 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-05_тиж} = 168 \cdot 217,5 = 36540 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_тиж} = 168 \cdot 457 = 76776 \text{ Вт} \cdot \text{год} .$$

Залишилось визначимо тижневу потужність вироблення електроенергії обраними моделями вітрогенераторів у грудні місяці:

$$N_{NAIER_VS-05_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 19,8 \cdot 0,36 \cdot 4,1^3 = 296 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_год} = \frac{1,205}{2} \cdot 41,6 \cdot 0,36 \cdot 4,1^3 = 621,9 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-05_тиж} = 168 \cdot 296 = 49728 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{NAIER_VS-10_тиж} = 168 \cdot 621,9 = 104479,2 \text{ Вт} \cdot \text{год} .$$

Для розрахунку середнього тижневого значення виробленої електричної потужності обраними моделями вітрогенераторів по кожній порі року скористаємось наступним виразом:

$$N_{\text{ВУ_сер.}} = \frac{N_{\text{ВУ_заг._п.р.}}}{3}, \quad (4.6)$$

де:

$N_{\text{ВУ_сер.}}$ – середнє тижнєве значення виробленої потужності обраної моделі вітрогенератора за річний період конкретної пори року, Вт·год;

$N_{\text{ВУ_заг._п.р.}}$ – загальнє тижнєве значення виробленої потужності обраної моделі вітрогенератора а за річний період конкретної пори року, Вт·год.

Отже, за виразом 4.6 матимемо наступні показники:

$$N_{\text{NAIER_VS-05_зима}} = \frac{49728 + 46183,2 + 42789,6}{3} = 46233,6 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{\text{NAIER_VS-10_зима}} = \frac{104479,2 + 97020 + 89913,6}{3} = 97137,6 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{\text{NAIER_VS-05_весна}} = \frac{46183,2 + 39597,6 + 25922,4}{3} = 37234,4 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{\text{NAIER_VS-10_весна}} = \frac{97020 + 83176,8 + 54482,4}{3} = 78226,4 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{\text{NAIER_VS-05_літо}} = \frac{23637,6 + 21487,2 + 19488}{3} = 21537,6 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{\text{NAIER_VS-10_літо}} = \frac{49677,6 + 45158,4 + 40924,8}{3} = 45253,6 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{\text{NAIER_VS-05_осінь}} = \frac{25922,4 + 33667,2 + 36540}{3} = 32043,2 \text{ Вт} \cdot \text{год} ;$$

$$N_{\text{NAIER_VS-10_осінь}} = \frac{54482,4 + 70728 + 76776}{3} = 67328,8 \text{ Вт} \cdot \text{год} .$$

Середньорічне значення виробленої тижневої потужності обраними моделями вітрогенераторів визначаємо за виразом:

$$N_{\text{ВУ_сер.}} = \frac{N_{\text{ВУ_зима}} + N_{\text{ВУ_весна}} + N_{\text{ВУ_літо}} + N_{\text{ВУ_осінь}}}{4} . \quad (4.7)$$

За виразом 4.7 матимемо, що:

$$\begin{aligned} N_{\text{NAIER_VS-05_сер.}} &= \frac{46233,6 + 37234,4 + 21537,6 + 32043,2}{4} = \\ &= 34262,2 \text{ Вт} \cdot \text{год} ; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{\text{NAIER_VS-10_сер.}} &= \frac{97137,6 + 78226,4 + 45253,6 + 67328,8}{4} = \\ &= 71986,6 \text{ Вт} \cdot \text{год} . \end{aligned}$$

Після аналізу результатів аеродинамічного розрахунку обраних моделей вітрогенераторів компанії виробника NAIER, приймаємо рішення щодо реалізації резервного живлення енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку, саме на базі моделі NAIER_VS-05. Її середньорічна тижнева вироблена потужність складає 34262,2 Вт·год або 34,3 кВт·год, що повністю задовольнить потреби енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку, для якої тижневий рівень спожитої потужності становить 30,14 кВт·год.

4.6 Розрахунок та вибір типу інвертора

У підрозділі 4.1 даного дипломного проекту ми розглядали загальні принципи побудови вітрогенераторної системи резервного живлення. Однак, остаточне рішення щодо структури самої системи було відкладено до проведення аеродинамічного розрахунку вітрогенератора та вибору його

моделі, що було зроблено у підрозділі 4.5. Тепер ми можемо чітко визначити, що нас цікавить автономно-мережева вітрогенераторна система з представлених структур. Такий вибір обумовлений потужністю обраної моделі вітрогенератора. Щоб уникнути його роботи в холосту при повній зарядці акумуляторних батарей, як це відбувається в звичайній автономній системі, доцільно використовувати його для вироблення електроенергії, яку можна продавати назад в мережу. Це дозволить скоротити термін окупності всієї розроблюваної системи.

З урахуванням вищезазначеного, бачимо, що для вирішення поставленої задачі нам потрібен інвертор типу, який є автономно-мережевим, тобто гібридним.

Перш ніж вибрати модель гібридного інвертора, ми повинні визначити енергію постійного струму, враховуючи втрати в самому інверторі та його потужність. Енергію постійного струму з урахуванням втрат інвертора можна обчислити за допомогою формули:

$$E_{\text{інверт.}} = k \cdot P_{\text{заг.тиж.}} \quad (4.8)$$

де:

$E_{\text{інверт.}}$ – енергія постійного струму інвертора, Вт·год;

k – коефіцієнт втрат потужності інвертора (приймається рівний значенню 1,2);

$P_{\text{сп.тиж.}}$ – тижнева потужність споживання розробленої енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку, Вт·год.

За виразом 4.8, будемо мати:

$$E_{\text{інверт.}} = 1,2 \cdot 30,14 \cdot 10^3 = 36168 \text{ Вт} \cdot \text{год.}$$

Тепер визначимо потужність інвертора за виразом:

$$P_{\text{інверт.}} = \frac{E_{\text{інверт.}}}{n_{\text{рд.інв.}}}, \quad (4.9)$$

де:

$P_{\text{інверт.}}$ – потужність інвертора, Вт;

$n_{\text{рд.інв.}}$ – кількість робочих днів інвертора на тиждень (приймаємо значення рівне 7 днів на тиждень).

Матимемо, що:

$$P_{\text{інверт.}} = \frac{36168}{7} = 5167 \text{ Вт} \approx 5,2 \text{ кВт.}$$

Таким чином, з урахуванням результатів розрахунків, виберемо гібридний трьохфазний інвертор компанії-виробника MUST потужністю 5,2 кВт, модель PV18-5248_PRO (MPPT) (див. рис. 4.7).



Рисунок 4.7 – Гібридний інвертор MUST 5,2кВт модель PV18-5248_PRO (MPPT)

Варто зазначити, що дана модель інвертора вже оснащена контролером заряду/розряду акумуляторних батарей з технологією MPPT. MPPT або трекер максимальної точки живлення це електронний пристрій з вбудованим

конвертором постійного струму DC\DC, який оптимізує енергетичні параметри між сонячними батареями (PV панелями), акумуляторними батареями або міською мережею. Ці пристрої перетворюють високу вихідну напругу постійного струму від сонячних батарей (або вітряних генераторів) на низьку напругу, необхідну для зарядки акумуляторних батарей.

Технічні характеристики обраної моделі гібридного інвертора зведені до таблиці 4.4.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики гібридного інвертора MUST 5,2кВт модель PV18-5248_PRO (MPPT)

Номінальна потужність	5200 Вт
Номінальна вихідна напруга	$230 \pm 5\% \text{ В}$
Частота	50 / 60 Гц
Коефіцієнт корисної дії	93%
Форма вихідної напруги	чиста синусоїда
Напруга акумуляторної батареї	24 В
Мінімальна робоча температура н.с.	-10 град.
Максимальна робоча температур н.с.	50 град.

4.7 Розрахунок та вибір типу акумуляторних батарей

Акумуляторна батарея (АКБ) є самостійним джерелом електроенергії, яке зберігає енергію у хімічній формі під час підключення до джерела постійного струму, а потім використовує цю енергію, перетворюючи її на електричний струм.

Ємність акумуляторної батареї визначає, наскільки довго вона може жити пристрій і забезпечувати його автономну роботу при певному навантаженні. Ємність має значний вплив на вартість, область застосування та тривалість служби АКБ. Вимірюється ємність у амперах на годину (А·год).

Для визначення необхідної загальної ємності акумуляторних батарей розроблюваної системи резервного живлення на базі вітрогенератора для енергозберігаючого освітлення приватного будинку використаємо вираз:

$$C_{AB_заг.} = \frac{P_{co_заг.} \cdot t}{U \cdot k}, \quad (4.10)$$

де:

$C_{AB_заг.}$ – загальна ємність акумуляторних батарей системи резервного живлення, А·год;

$P_{co_заг.}$ – потужність системи освітлення кімнати приватного будинку, Вт;

t – час роботи акумуляторної батареї, год.;

k – коефіцієнт, який відображає, яка частина ємності акумуляторних батарей використовується;

U – напруга однієї акумуляторної батареї, В.

Зазвичай, при розрахунках, значення коефіцієнта k , який компенсує ситуацію неповного заряду АКБ, приймають рівним 0,95 або 95%. Час роботи t акумуляторних батарей приймаємо рівний значенню 4 год. Напруга акумуляторної батареї U , у відповідності до вибраної моделі інвертора, становить 48В.

Отже, за виразом 4.10 будемо мати:

$$C_{AB\ заг.} = \frac{1076,4 \cdot 4}{24 \cdot 0,95} = 189 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

На українському ринку акумуляторних батарей існує широкий вибір моделей з різною ціною, залежною від ємності. На мою думку, оптимальним вибором моделі акумуляторної батареї є варіант з ємністю 100 А·год. Батареї з більшою ємністю значно дорожчі, навіть при врахуванні того, що їх потрібно менша кількість.

Отже, для забезпечення резервного живлення енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку оберемо АКБ компанії-виробника KERWORTH модель LifeP04 з ємністю 100 А·год. та напругою 24 В. Середня вартість цієї батареї становить 9350 грн. Загальний вигляд обраної АКБ показана на рисунку 4.8.

					ДП.141.041.021.ПЗ	Аркуш
						57
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.8 – Акумуляторна батарея KEPWORTH модель LifeP04
24 В / 100 А·год

Далі визначимо кількість необхідних АКБ обраної моделі за допомогою виразу:

$$n_{\text{АБ}} = \frac{C_{\text{АБ заг.}}}{C_{\text{АБ}}} , \quad (4.11)$$

де:

$n_{\text{АБ}}$ – кількість акумуляторних батарей системи резервного живлення, шт.;

$C_{\text{АБ заг.}}$ – загальна ємність акумуляторних батарей системи резервного живлення, А·год;

$C_{\text{АБ}}$ – ємність однієї акумуляторної батареї в системі резервного живлення, А·год.

Отже, за виразом 4.11 отримаємо, що:

$$n_{\text{АБ}} = \frac{189}{100} = 1,89 \text{ шт.} \approx 2 \text{ шт.}$$

4.8 Вибір пристрою автоматичного ввімкнення резерву

Автоматичний ввімкнення резерву (АВР) – це пристрій, який автоматично перемикає живлення навантаження з декількох незалежних джерел електроживлення, коли вхідна напруга виходить за допустимі межі.

					ДП.141.041.021.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Блок керування АВР аналізує дані про стан поточної мережі живлення та, у разі несправностей, відправляє відповідні команди на комутуючі елементи для перерозподілу живлення.

На сьогоднішній день існує значна кількість та різноманіття компаній-виробників пристроїв АВР. Наше завдання полягає лише у виборі такого пристрою, що базується на проведених вище розрахунках та обраному обладнанні для резервного живлення енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку. Особлива увага приділяється номінальній потужності обраної моделі вітрогенератора, яка складає 5000 Вт.

Тому, для наших потреб виберемо пристрій автоматичного введення резерву АВР-01-S, який зображений на рисунку 4.9. Технічні характеристики даного АВР наведені в таблиці 4.4.



Рисунок 4.9 – Пристрій автоматично введення резерву АВР-01-S

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики пристрою автоматично введення резерву АВР-01-S

Фазність мережі	Трьохфазний / однофазний
Максимальна потужність системи резервного живлення (генератора, ВЕУ, ФЕУ), Вт	5500 Вт
Максимальний струм системи резервного живлення (генератора, ВЕУ, ФЕУ), А	16 А
Номінальна частота мережі	50 Гц
Напруга мережі	220 /380 В
Ступінь захисту	IP 54

5 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

5.1 Розрахунок капітальних витрат

У даному дипломному проекті було розроблено енергозберігаючу систему освітлення приватного будинку з резервним живленням від вітрогенератора. Оцінка вартості обладнання, яке буде використовуватися в системі, є важливою. Під час дослідження цього питання були враховані витрати на обслуговування елементів системи протягом усього терміну її експлуатації, який становить 15 років. Витрати на обслуговування елементів системи складають 1% від ціни устаткування.

Капітальні витрати використовуються для створення та придбання основних фондів та нематеріальних активів, які підлягають амортизації. Вони є ключовим показником для економічної оцінки ефективності розробленої системи. У таблиці 5.1 наведені всі капітальні витрати, необхідні для реалізації системи розробленої в даному дипломному проекті.

Таблиця 5.1 – Капітальні витрати на реалізацію проекту

№	Назва технічних матеріалів	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Енергозберігаюча система освітлення приватного будинку				
LED-світильники				
1	NOWODVORSKI_Wite (11x9)	58	721	41818
2	NORDLUX	40	605	24200
3	NOVODVORSKI_Helios	24	474	11376
Всього по системі:				77394
Резервне живлення від вітрогенератора				
4	Вітрогенератор NAIER_VS-05	1	68000	68000
5	ГІ MUST 5,2 кВт, PV18-5248_PRO (MPPT)	1	15000	15000
6	АКБ KEPWORTH LifeP04 24 В / 100 А·год	2	7500	15000
7	Пристрій ABR-01-S	1	1895	1895
Всього по системі:				99895
Всього загальна вартість				177289

					ДП.141.041.021.ПЗ							
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	5 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ				Літ.		Арк.	Аркушів
Розробив	Герус В.О.								у		60	80
Перевір	Антипчук Б.О.											
Н. Контр.	Антипчук Б.О.											
Затв.	Лавріцев О.О.								ЖАТФК, Гр. Е-41			

Визначимо вартість монтажно-налагоджувальних робіт за виразом:

$$K_{MH} = \sum (C_i \cdot a \cdot t_i) \cdot K_D \cdot K_{CM} \cdot K_{PP}, \quad (5.1)$$

де:

C_i — кількість працівників i -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажно-налагоджуваних робіт;

a — годинна тарифна ставка працівника i -го розряду, грн.;

t_i — час, необхідний для виконання певного обсягу монтажно-налагоджуваних робіт, год.;

$K_D = 1,1 \dots 1,5$ — коефіцієнт, який враховує розмір доплат;

$K_{CM} = 1,22$ — коефіцієнт, який враховує відрахування на соціальні заходи;

$K_{PP} = 1,1 \dots 1,5$ — коефіцієнт, який враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Вартість монтажно-налагоджувальних робіт буде визначатися відповідно до основних договірних цін і розцінок компанії "Electrolight", яка спеціалізується на електромонтажних роботах різного призначення.

Отже, за виразом 5.1 будемо мати:

$$K_{MH\text{системи освітлення}} = 2 \cdot 210 \cdot 48 \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 29760 \text{ грн.};$$

$$K_{MH\text{резервного живлення}} = 2 \cdot 210 \cdot 24 \cdot 1,5 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 20291 \text{ грн.}.$$

Транспортні витрати визначаються відповідно до тарифів перевізника ТОВ «Car and Bus», маси вантажу і відстані до складів постачальника. За розрахунками перевізника, доставка 6 вантажних місць загальною масою до 1,5 тонн коштує 8500 гривень.

Далі, визначимо капітальні витрати розробленої системи за виразом:

					ДП.141.041.021.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$K = K_{OB} + K_{TP} + K_{MH} , \quad (5.2)$$

де:

K_{OB} – вартість устаткування по зведенню витрат (без ПДВ), грн.;

K_{TP} – транспортно-заготівельні й складські витрати, грн.;

K_{MH} – витрати на монтаж і налагодження устаткування, грн.

За виразом 5.2, матимемо:

$$K_{\text{системи освітлення}} = 77394 + 29760 + 8500 = 115654 \text{ грн.};$$

$$K_{\text{резервного живлення}} = 99895 + 20291 + 8500 = 128686 \text{ грн.}.$$

5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційними витратами називають поточні витрати на обслуговування та експлуатацію об'єкта проектування протягом певного періоду, які виражені у грошовій формі. До основних статей таких витрат, стосовно електротехнічного устаткування, відносять наступні: амортизаційні відрахування (C_a); вартість спожитої електроенергії (C_e); основна й додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу та відрахування на соціальні заходи (C_3); витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування (C_T); інші витрати ($C_{ін}$).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати по розробленій енергозберігаючій системі освітлення приватного будинку з резервним живленням від вітрогенератора становитимуть:

$$C = C_a + C_e + C_3 + C_T + C_{ін} . \quad (5.3)$$

Розроблена нами система є повністю автономною, всі планові роботи з по її обслуговуванню будуть виконуватись, безпосередньо, самими власниками приватного будинку, а тому статті витрат C_z та C_{in} може відразу прийняти рівними нулю.

При розрахунку амортизаційних відрахувань розробленої системи потрібно враховувати її експлуатаційний період використання, очікуваний економічний прибуток, якісні технічні характеристики, фізичний зносу та інші фактори. В нашому випадку, термін якісного використання обладнання системи становить 15 років. Норма амортизації при прямолінійному методі є постійною протягом всього амортизаційного періоду і може бути розрахована за виразом:

$$H_a = \frac{K}{K \cdot T_n} \cdot 100\%, \quad (5.4)$$

де:

T_n – амортизаційний період;

K – капітальні витрати розробленої системи, грн.

Матимемо, що:

$$H_{a_системи\ освітлення} = \frac{115654}{115654 \cdot 15} \cdot 100\% = 6,7 \, \%$$

$$H_{a_резервного\ живлення} = \frac{128686}{128686 \cdot 15} \cdot 100\% = 6,7 \, \%$$

Формула визначення річних амортизаційних відрахувань розробленої енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку та її резервного живлення має вигляд:

$$C_a = \frac{K \cdot H_a}{100}, \quad (5.5)$$

де:

K – капітальні витрати розробленої системи, грн.

H_a – норма амортизації, %.

За виразом 5.5 отримаємо:

$$C_{a_системи\ освітлення} = \frac{115654 \cdot 6,7}{100} = 7749 \text{ грн.}$$

$$C_{a_резервного\ живлення} = \frac{128686 \cdot 6,7}{100} = 8622 \text{ грн.}$$

Тепер розрахуємо річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт розробленої системи, враховуючи, що ці витрати складають 1% від загальних капітальних витрат і включають в себе витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтникам:

$$C_T = 0,01 \cdot K, \quad (5.6)$$

де:

C_T – витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування розробленої системи, грн.;

K – капітальні витрати розробленої системи, грн.

Будемо мати, що:

$$C_{T_системи\ освітлення} = 0,01 \cdot 115654 = 1567 \text{ грн. ;}$$

$$C_{T_резервного\ живлення} = 0,01 \cdot 128686 = 1287 \text{ грн.}$$

Тоді за виразом 5.3 річні експлуатаційні витрати становитимуть:

$$C_{\text{системи освітлення}} = 7749 + 0 + 0 + 1567 = 9316 \text{ грн};$$

$$C_{\text{резервного живлення}} = 8622 + 0 + 0 + 1287 = 9909 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок терміну окупності

Для визначення терміну окупності розробленої системи в цілому, необхідно провести окремий розрахунок для енергозберігаючої системи освітлення і для її резервного живлення. Спочатку розглянемо термін окупності енергозберігаючої системи освітлення, порівнявши споживання електроенергії нашої системи зі стандартною системою освітлення на лампах розжарення, яка була встановлена раніше в кімнатах приватного будинку. Порівняльну характеристику обох типів освітлення наведена в таблиці 5.2.

Таблиця 4.2 – Порівняльна характеристика типів систем освітлення

Типи системи освітлення	Стандартна система освітлення	Енергозберігаюча система освітлення
Тип освітлювальної лампи	Лампа розжарення	LED-лампа
Кількість світильників	46 шт.	122 шт.
Кількість ламп	89 шт.	122 шт.
Режим роботи (годин на добу)	4 год./доб.	4 год./доб.
Режим роботи (днів)	365 днів	365 днів
Середня потужність лампи системи освітлення, Вт	75 Вт	8,8 Вт
Потужність системи освітлення, Вт	6675	1076,4
Тариф на електроенергію грн/кВт·год.	2,64 грн/кВт·год.	2,64 грн/кВт·год.

Для початку визначимо економічний прибуток, який ми отримаємо при заміні стандартної системи освітлення на розроблену в даному проекті. Для

цього розрахуємо електричні потужності, які споживають обидві системи за добу.

$$P_{\text{СОдоба}} = P_{\text{СО}} \cdot n_{\text{год}}, \quad (5.7)$$

де:

$P_{\text{СОдоба}}$ – електрична потужність споживання системи освітлення за добу, Вт/год.;

$P_{\text{СО}}$ – електрична потужність споживання системи освітлення, Вт;

$n_{\text{год.}}$ – кількість робочих годин на добу, год.

Матимемо, що:

$$P_{\text{СОдоба_станд. сис.}} = 6675 \cdot 4 = 26700 \text{ Вт} \cdot \text{год.} \approx 26,7 \text{ кВт} \cdot \text{год.};$$

$$P_{\text{СОдоба_енергозбер. сис.}} = 1076,4 \cdot 4 = 4305,6 \text{ Вт} \cdot \text{год} \approx 4,3 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Тепер визначимо потужність, яку споживають обидві системи за рік:

$$P_{\text{СОрік}} = P_{\text{СОдоба}} \cdot n_{\text{роб.днів}}, \quad (5.8)$$

де:

$P_{\text{СОрік}}$ – електрична потужність споживання системи освітлення за рік, кВт/год;

$n_{\text{роб.днів}}$ – кількість робочих днів системи освітлення на рік.

За виразом 5.8 будемо мати:

$$P_{\text{СОрік_станд. сис.}} = 26,7 \cdot 365 = 9746 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.141.041.021.ПЗ

Аркуш

$$P_{\text{COрік_енергозбер. сис.}} = 4,3 \cdot 365 = 1569,5 \text{ кВт} \cdot \text{год.} \quad (4.9)$$

Тепер розрахуємо суму в гривнях на рік, яку потрібно витратити на оплату споживаної електричної енергії обох систем.

$$M_{\text{т.СО}} = E_{\text{о.п.}} \cdot P_{\text{COрік}}, \quad (5.9)$$

де:

$M_{\text{т.СО}}$ – річні витрати на споживання електроенергії при використанні системи освітлення, грн.;

$E_{\text{о.п.}}$ – тарифна ставка за електроенергію, грн/кВт·год.

Отримаємо, що:

$$M_{\text{т.СО стандарт. сис.}} = 2,64 \cdot 9746 = 25729,4 \text{ грн.};$$

$$M_{\text{т.СО_енергозбер. сис.}} = 2,64 \cdot 1569,5 = 4143,5 \text{ грн.}$$

Таким чином, прибуток при використанні розробленої енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку визначимо у відповідності до виразу:

$$Y_{\text{енергозберіг. сис.}} = M_{\text{т.СО стандарт. сис.}} - M_{\text{т.СО_енергозбер. сис.}} \quad (5.10)$$

Отримаємо:

$$Y_{\text{енергозберіг. сис.}} = 25729,4 - 4143,5 = 21586 \text{ грн.}$$

Для визначення терміну окупності нашої розробленої енергозберігаючої системи освітлення скористаємось виразом:

					ДП.141.041.021.ПЗ	Аркуш
						67
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{енергозберіг. сис.}} = K_{\text{системи освітлення}} / Y_{\text{енергозбер. сис.}}, \quad (5.11)$$

де:

$K_{\text{системи освітлення}}$ – капітальні витрати розробленої енергозберігаючої системи освітлення, грн.;

$Y_{\text{енергозбер. сис.}}$ – річний прибуток від розробленої енергозберігаючої системи освітлення, грн.

Отримаємо, що:

$$T_{\text{енергозберіг. сис.}} = 115654 / 21586 = 5,4 \text{ роки.}$$

Наступним кроком буде визначення терміну окупності резервного живлення на основі вітрогенератора для нашої розробленої системи освітлення приватного будинку.

Також, варто згадати, що наша резервна електропостачання має автономно-мережеву структуру. Це означає, що електрична енергія, яку ми генеруємо, може бути продана до міської електромережі. Деяка частина цієї енергії буде використовуватися для зарядки акумуляторних батарей, які служать резервом для системи освітлення приватного будинку під час перебоїв у основному електропостачанні.

Згідно з законом України №514-VIII від 04.06.2015 і постановою НКРЕКП №725 від 25.03.2020, встановлені наступні ставки "зеленого" тарифу: з 1 січня 2023 року до 31 грудня 2024 року ставка становить 0,163 євро або 6,81 гривень.

Визначимо річне виробництво електроенергії нашою резервною системою за виразом:

$$W_{\text{резервне живлення}} = q \cdot N_{\text{ВУ_сер.}} \quad (5.12)$$

де:

					ДП.141.041.021.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$W_{\text{резервне живлення}}$ – річне виробництво електроенергії розробленою системою резервного живлення на базі вітрогенератора, Вт·год;

q – кількість тижнів в році;

$N_{\text{ВУ_сер.}}$ – середньорічне значення виробленої тижневої потужності вітрогенератором NAIER_VS-05, Вт·год.

Отже, отримаємо, що:

$$W_{\text{резервне живлення}} = 52 \cdot 34262,2 = 1781634,4 \text{ Вт} \cdot \text{год.} \approx 1781,6 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Таким чином, річний дохід від розробленої системи у грн., становитиме:

$$Y_{\text{резервне живлення}} = 6,81 \cdot W_{\text{резервне живлення}} \quad (5.13)$$

За виразом 5.13 будемо мати, що:

$$Y_{\text{резервне живлення}} = 6,81 \cdot 1781,6 = 12132,7 \text{ грн.}$$

Тоді, термін окупності розробленої системи резервного живлення на базі вітрогенератора визначимо за виразом:

$$T_{\text{резервне живлення}} = \frac{K_{\text{резервного живлення}}}{Y_{\text{резервне живлення}}} \quad (5.14)$$

Отримаємо, що:

					$T_{\text{резервное живление}} = \frac{128686}{12132,7} = 10,6 \text{ років.}$					
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Герус В.О.								
Перевір		Антипчук Б.О.								
					6 ОХОРОНА ПРАЦІ			Літ.	Арк.	Аркушів
					6 ОХОРОНА ПРАЦІ			У	70	80
					ДП.141.041.021.ПЗ					
Н. Контр.		Антипчук Б.О.								
					ДП.141.041.021.ПЗ			ЖАТФК, Гр. Е-41		
Затв.	Арк.	Лавриш О.О.	Підпис	Дата						
					Аркуш 69					

6.1 Протипожежна безпека

Пожежа являє собою процес горіння, який виходить поза контрольовані межі, поширюючись у часі і просторі. Вона становить загрозу для життя і здоров'я людини, навколишнього середовища, і призводить до матеріальних збитків. Пожежна безпека – це стан об'єкта, при якому виключена можливість виникнення пожежі, а в разі її появи вживаються необхідні заходи для усунення негативного впливу небезпечних факторів самої пожежі на людей, споруди та матеріальні цінності.

До організаційних заходів протипожежної безпеки належать:

- догляд та перевірка протипожежного стану приміщень;
- розробка системи оповіщення людей на випадок виникнення пожежі;
- організація дотримання належного протипожежного нагляду за об'єктами та електричними системами розміщеними в будинку;
- постійна перевірка належного стану протипожежних засобів та інвентарю.

До технічних заходів належать:

- дотримання пожежних норм, вимог та правил при облаштуванні кімнат, електричних мереж, систем опалення, освітлення тощо;
- підтримання у справному стані опалювальних, вентиляційних та електричних освітлювальних систем та обладнання;
- правильна організація праці на робочих місцях з використанням пожежонебезпечних інструментів, побутових приладів тощо;
- встановлення автоматичної пожежної сигналізації.

Причини пожеж при експлуатації вітрових установок включають:

					ДП.141.041.021.ПЗ	Аркуш
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підвищення рівня вібрації окремих вузлів, що перевищує допустиме значення, а також перевищення температури контрольованих вузлів і витікання мастила;
- підвищення частоти обертання ротора вітрової турбіни понад допустиму величину;
- робота при швидкості вітру, яка перевищує значення швидкості вимикання, встановлене компанією-виробником;
- виникнення коротких замикань у системі генерування;
- перевантаження генератора понад допустимі значення.

Щоб запобігти пожежі, необхідно належним чином встановлювати та експлуатувати обладнання. При монтажі інверторів необхідно дотримуватися наступних умов, щоб уникнути загоряння:

- пристрій має бути встановлений на вогнетривкій поверхні, наприклад, на металевій підставці;
- не розташовувати легкозайmistі матеріали поруч з інвертором;
- необхідно захистити інвертор від потрапляння сторонніх предметів, таких як проводка, іскри під час зварювання, металеві об'єкти, пил;
- інвертор слід встановлювати в добре провітрюваному приміщенні, де він не буде під дією прямого сонячного світла, підвищеної температури, вологості, роси, а також не буде впливу агресивних, вибухонебезпечних і легкозайmistих газів.

Під час роботи з акумуляторною батареєю необхідно також дотримуватися правил протипожежної безпеки, оскільки під час зарядки акумулятори виділяють водень, який є вибухонебезпечним газом:

- куріння поруч з акумулятором заборонено;
- акумулятор обов'язково потрібно захищати від джерел загоряння;
- перед приєднанням або від'єднанням клем акумулятора, необхідно вимкнути струм;

- приміщення, де заряджається акумулятор, повинно мати хорошу вентиляцію.

6.2 Заходи електричної безпеки в установках напругою до 1000 В

На сьогоднішній день до 3% загальної кількості нещасних випадків призводить ураження електричним струмом зі смертельним наслідком. Використання електричної енергії у промисловості і побуті створює значну небезпеку для людей. Аналіз показує, що в промисловості кількість електротравм становить 0,5-1%, але летальність досягає 15-20%, з яких до 80-85% відбувається в мережах з напругою до 1000 В. Під час обслуговування установок з напругою до 1000 В необхідно проводити профілактичні ремонти, випробування ізоляції, налаштування електроприводів та інші профілактичні операції. Також важливо виконувати роботи з попередження аварій та усунення незначних несправностей.

З точки зору безпеки, роботи, які виконуються в діючих електричних установках, можна розділити на три категорії:

1. роботи, де передбачено відключення напруги;
2. роботи без відключення напруги на струмопровідних частинах;
3. роботи без відключення напруги, віддалені від струмопровідних частин, які знаходяться під напругою.

Основні види можливих травм під час електромонтажних робіт включають: травми, спричинені ударами та пошкодженнями тканин обертовими деталями приладів; електричні опіки, які виникають внаслідок прямого або дугового контакту тіла з джерелом струму; травми слизової оболонки очей, які виникають внаслідок попадання пилу і дрібної стружки під час свердління; проблеми з легеннями, що виникають при попаданні в них пилу від деяких композитних матеріалів.

Для уникнення вищезазначеного, необхідно суворо дотримуватися правил охорони праці. Нижче наведені основні правила, які слід

					ДП.141.041.021.ПЗ	Аркуш
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дотримуватися під час монтажу, заміни та наладки електроприладів будь-якої складності, щоб уникнути неприємних ситуацій.

Перш за все, необхідно дотримуватися вимог до робочого одягу. Розмір одягу повинен бути відповідний, щоб уникнути можливості торкання до рухомих частин механізмів. Також обов'язково використовувати захисні окуляри з небитким склом та рукавиці. У разі потреби, необхідно використовувати респіратор та засоби захисту для органів слуху. При роботі з електроустановками, які мають напругу до 1000 В або знаходяться поблизу них, необхідно використовувати діелектричні калоші.

Роботи, які передбачають зняття напруги, виконуються в електроустановках, де вся струмопровідна частина відключена від напруги. Роботи без зняття напруги на струмопровідних частинах включають в себе заходи для запобігання наближення до небезпечних струмопровідних частин, а також вимагають використання ізолюючих захисних засобів та інструментів. Роботи без зняття напруги віддалені від струмопровідних частин, які знаходяться під напругою, і не потребують додаткових заходів для запобігання наближення до них.

Перед початком ремонтних або налагоджувальних робіт, а також під час їх проведення, відповідальні особи та виконавці повинні дотримуватись технічних і організаційних заходів для забезпечення безпеки персоналу. До технічних заходів входить відключення установки з проведенням необхідних заходів, щоб уникнути помилкового подачі напруги до місця виконання робіт, встановлення огорож з вивішуванням спеціальних плакатів, перевірка відсутності напруги та встановлення заземлення.

При виконанні пусконалагоджувальних та монтажних робіт будь-якої складності дозволено використовувати тільки справний інструмент. Ручний інструмент не повинен мати пошкоджень, тріщин, вибоїн, задирок або щербин на місці захоплення рукою і на потиличній частині ручок. Рукоятки кувалд і молотків повинні бути закріплені клинами.

					ДП.141.041.021.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Роботи під напругою до 1000 В дозволено проводити інструментом з ізольованими рукоятками, виконаними у вигляді чохлів або незнімного покриття з волого- та масло-бензостійкого електроізоляційного матеріалу. Довжина ізоляції рукояток повинна бути не менше 100 мм, а ізоляція викруток повинна закінчуватися на відстані не більше 10 мм від кінця леза.

6.3 Надання першої допомоги при ураженні електричним струмом

Широке використання електроенергії потребує правильної обережності, оскільки порушення правил електробезпеки може призвести до серйозних травм або навіть смерті. При напрузі 42 В електричний струм, що проходить через тіло людини, є безпечним, але напруга вище 50 В може викликати тепловий та електролітичний ефекти. Найчастіше травми від електричного струму виникають через неслухняність правил безпеки при роботі з електричними приладами вдома або на роботі. Перша допомога при ураженні електричним струмом включає в себе звільнення потерпілого від дії струму та надання першої медичної допомоги. Тому важливо спочатку вимкнути обладнання або провід, що спричинив ураження, наприклад, вимкнути рубильник або витягнути пробки з електричного щитка. Якщо неможливо припинити подачу електричного струму стандартними засобами, необхідно перерізати кабелі живлення за допомогою ізольованих ріжучих предметів.

Перша допомога при ураженні електричним струмом складається з двох етапів: звільнення потерпілого від дії струму та надання першої медичної допомоги. Спочатку необхідно вимкнути обладнання або провід, що спричинив ураження, наприклад, вимкнути рубильник, витягнути пробки або вимкнути їх на електричному щитку. Якщо неможливо припинити подачу струму штатними засобами, треба перерізати кабелі живлення за допомогою ізольованих ріжучих предметів.

У разі неможливості припинення подачі електричного струму штатними засобами, необхідно перерубати окремо кабелі живлення, використовуючи будь-які ріжучі предмети з ізольованими рукоятками. Якщо ж і цей крок виконати немає змоги, то потерпілого необхідно відтягнути від електроустановки або скинути з нього провід за допомогою будь-якого діелектричного предмету. При цьому важливим пунктом є власний захист від впливу електричного струму, тому першочерговим завданням є надіти на руки гумові рукавички або обмотати їх сухою тканиною. На ноги бажано одягнути гумове взуття, або підкласти під них якусь діелектричну поверхню по типу: гумового килимка, дерев'яної дошки, тощо. Після вище зазначених дій потерпілого слід відтягувати за краї його одягу, уникаючи при цьому контакту з відкритими ділянками його тіла. Далі потрібно надати потерпілому першу медичну допомогу: протягом 10-20 секунд, необхідно визначити ступінь ураження людини струмом; поклавши потерпілого на спину і розстебнувши одяг, що утруднює дихання, необхідно перевірити, чи немає пульсу на шії в ділянці сонної артерії, або на променевій артерії в область ший; перевірити кровообіг в головному мозку, так як яскраве світло може викликати рефлексорну реакцію, при якій звужуються зіниці.

Якщо потерпілий знаходиться в свідомості, але тривалий час перебував під дією струму або приходить до тями після того, як втратив свідомість, потерпілому потрібно дати спокій і спостерігати протягом 3-4 годин, але все ж краще викликати швидку допомогу. Також, можна напоїти його гарячим чаєм і 20 краплями настоянки валеріани і тепло укрити ковдрою. При погіршенні стану потерпілого з такими симптомами, як серцева недостатність, часте переривчасте дихання, блідість шкірних покривів, необхідно негайно розпочати штучне дихання та масаж серця. Реанімаційні заходи не можна припиняти до прибуття швидкої допомоги і продовжувати, навіть якщо потерпілий не подає ознак життя.

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті було розроблено енергозберігаючу систему приватного будинку з резервним живленням від вітрогенератора. В ході виконання дипломного проекту було проведено детальний аналіз існуючих можливих технічних рішень під час якого здійснювалась перевірка ефективності використання різнотипних джерел світла та обрано оптимальний варіант – світлодіодні лампи (LED), оскільки вони характеризуються та вигідно відрізняються від інших типів кращими енергетичними та світлотехнічними показниками.

Також в дипломному проекті було проведено світлотехнічний розрахунок енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку, під час якого було визначено необхідну кількість LED-світильників, їх типи та моделі; спроектовано раціональні схеми розміщення світильників на плані. Також, було розроблено систему резервного живлення на базі вітрогенератора для спроектованої енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку.

З точки зору розрахованої економічної ефективності, то розроблена енергозберігаюча система освітлення окупиться за 5,4 роки, а її резервне живлення – 10,6 років, що пояснюється дуже високими цінами на обладнання для їх реалізації: точкові LED-світильники, вітрогенератор, інвертор, акумуляторні батареї і т.д., які прив'язані до курсу міжнародних валют (долари, євро) та мають досить високу вартість у гривневому еквіваленті через нестабільну економічну ситуацію в Україні.

					ДП.141.041.021.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ		
Розробив	Герус В.О.						
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						
Затв.	Лаврищев О.О.				ЖАТФК, Гр. Е-41		
					Літ.	Арк.	Аркушів
					У	76	80

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрійчук В. А. Світлотехніка й електротехніка: історія, проблеми й перспективи. Праці II міжнародної науково-технічної конференції, приуроченої 160-річчю видатного українського фізика, піонера в галузі світлотехніки і електротехніки професора Івана Пулюя. Тернопіль, 2005. 170с.
2. Природне і штучне освітлення. Технічні норми. ДБН В.2.5-28:2018 (Чинні з 28.02.2019). К., 2018. 33с.
3. Review about the straight-bladed vertical axis wind turbine (SBvawt) and its performance / K. Patel, Y. Sarthi, A. Tirkey, P. K. Sen. *International Journal for Innovative Research in Science and Technology*. 2014. Vol. 1, No. 6. P. 46-51.
4. Бомчик О. С, Парамуд Я. С. Комп'ютерна система управління багатоканальними освітлювальними пристроями. Львів, 2018. 24 с.
5. Електротехніка у будівництві : навч. посібник / А. Є. Ачкасов, В. А. Лушкін, В. М. Охріменко [та ін.]. Харків : ХНАМГ, 2009. 363 с.
6. Денисюк В. Ю., Оленіч В. С. Автономні гібридні системи енергопостачання з використанням відновлювальних джерел енергії / В. Ю. Денисюк, В. С. Оленіч. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2020. № 4. С. 29–33.
7. Довідникова книга для проектування електричного освітлення. 2-е вид. / Г. М. Кноррінг, Н. М. Фадін, В. Н. Сидоров. Спб : Энергоатомвид, 1992. 448 с.
8. Єгорова О. Ю. Перспективи використання світла (діодних джерел світла) / О. Ю. Єгорова, О. О. Аблецов. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил*. 2010. Вип. 3. С. 152—156.

					ДП.141.041.021.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ		
Розробив	Герус В.О.						
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						
Затв.	Лавріщев О.О.						
					Літ.	Арк.	Аркуші
					У	77	80
					ЖАТФК, Гр. Е-41		

9. Енергоефективні світлодіодні освітлювальні системи : монографія / З. Готра, В. Корнага, В. Мартіросова, Г. Нікітський, І. Пастух, А. Рибалочка, В. Сорокін, В. Щиренко ; ред. В. Сорокін ; НАН України, Ін-т фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова, Нац. ун-т «Львівська політехніка», НАМН України, Ін-т медицини праці. Київ : Авіцена, 2016. 334 с.
10. Пилипчук Р. В. Проблема енергозбереження в освітлювальних установках / Р. В. Пилипчук, Р. Ю. Яремчук. *Світлолюкс*. 2003. № 2. С. 10-13.
11. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / О. І. Соловей, В. П. Розен, П. Г. Плешков [та ін.] ; М-во освіти і науки України, Кіровоград. нац. техн. ун-т. Черкаси : Чабаненко Ю., 2015. 316 с.
12. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. ДСН 3.3.6.042-99. Постанова Гол. Держ. сан. лікаря України від 01.12.1999 № 42.
13. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ. Розділ 6: Електричне освітлення. Київ : Мін-во енергетики та вугільної пром. України, 2017. 617 с.
14. Березюк О. В., Є. Г. Креготень. Перспективність використання світлодіодних ламп для освітлення виробничих приміщень. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018/paper/3416>
15. Основи охорони праці : підручник для студентів вищ. навч. закладів / за ред. М. П. Гандзюка. К. : Каравела, 2003. 408 с.
16. Камінський Ю. Вітрогенератори для дому: види, приблизні ціни, виготовлення своїми руками / Ю. Камінський. URL: <https://cutt.ly/4e7twAi>.
17. Український гідрометеорологічний центр. URL: <https://cutt.ly/xe7yOtD>.

[illegible]

Познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	Напівпровідникові діоди		
VD1...VD3	FR107	3	
VD4	1N4007	1	
VD5	LED	1	зелений
VD6	LED	1	жовтий
	Транзистори		
VT1	IRF540	1	
VT2, VT7	2FC1815	2	
VT3, VT5	2SJ471	2	
VT4, VT6	2SK2956	2	
	Резистори		
R1, R17	10 кОм	2	
R2, R12, R13	100 кОм	3	
R3, R4	560 Ом	2	
R5, R6	3,3 кОм	2	
R9, R10	3,3 кОм	2	
R7, R8	10 кОм	2	потенціометр
R11, R14, R15, R16	1 кОм	4	
	Конденсатори		
C1, C2	10 мкФ	2	
C3	1000 мФ	1	24 В
C4	200 пФ	1	
	Запобіжники		
FU1, FU2, FU3	20 А	3	скляний
	Трансформатори		
TV1	24/220 В	1	підвищувальний
	Інтегральні схеми		
IC1	LM7808	1	регулятор напруги

					ДП.141.041.021.ПЗ				
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Герус В.О.				Перелік елементів. Схема електрична принципова. Резервне живлення енергозберігаючої системи освітлення приватного будинку. (ДОДАТОК А)				
Перевір	Антипчук Б.О.								
Н. Контр.	Антипчук Б.О.								
Зав.	Лавріщев О.О.				ЖАТФК, Гр. Е-41				

