

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Відділення "Інженерна інфраструктура та комп'ютерні науки"

Кафедра "Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка"

До захисту допущено
завідувач кафедри

Інна НЕЗДВЕЦЬКА

“ ” 2025 року

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту

освітньо-професійний ступінь: фаховий молодший бакалавр

спеціальність: 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

на тему: " Система альтернативного енергозабезпечення електричною
енергією торгівельно-розважального комплексу на базі енергогенеруючої
плитки, яка працює за технологією Pavegen Systems "

Виконав: студент IV курсу, групи Е-42

спеціальності

141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

_____ Євгеній ІЛЬЄНКО

Керівник проєкту _____ Богдан АНТИПЧУК

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Житомир – 2025 року

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Відділення " Інженерна інфраструктура та комп'ютерні науки "
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 ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Ільєнку Євгенію Дмитровичу

- 1.Тема дипломного проєкту “ Система альтернативного енергозабезпечення електричною енергією торгівельно-розважального комплексу на базі енергогенеруючої плитки, яка працює за технологією Pavegen Systems ” та керівник дипломного проєкту Антипчук Богдан Олександрович, затверджені наказом навчального закладу від 03 грудня 2024 року, №495-н.
2. Строк подання студентом проєкту “__” червня 2025 року.
3. Вихідні дані до роботи: план приміщення торгівельно-розважального комплексу.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
 - Вступ;
 - Огляд літературних та мережевих джерел інформації;
 - Система альтернативного електрозабезпечення торгівельно-розважального комплексу на базі енергогенеруючої плитки Pavegen Systems;
 - Економічна ефективність проєкту;
 - Охорона праці;
 - Висновки.
5. Перелік візуального та графічного матеріалу:
 - Схема електрична структурна. Система альтернативного електрозабезпечення торгівельно-розважального комплексу на базі енергогенеруючої плитки Pavegen Systems.

- Схема електрична принципова. Система альтернативного електрозабезпечення торгівельно-розважального комплексу на базі енергогенеруючої плитки Pavegen Systems.

6. Консультанти розділів проєкту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Вступ	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	03 грудня 2024р.	
Розділ 1	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	03 грудня 2024р.	
Розділ 2	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	03 грудня 2024р.	
Розділ 3	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	03 грудня 2024р.	
Розділ 4	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	03 грудня 2024р.	
Висновки	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	03 грудня 2024р.	
ГЧ та технічна документація.	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	03 грудня 2024р.	

7. Дата видачі завдання “03” грудня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Вступ	05.12.2024р.	
2.	Розділ 1	12.12.2024р.	
3.	Розділ 2	23.12.2024р.	
4.	Розділ 3	27.03.2025р.	
5.	Розділ 4	10.04.2025р.	
8.	Висновки	10.04.2025р.	
9.	Графічна частина та технічна документація	22.05.2025р.	

Студент: _____ Євгеній ІЛЬСНКО

Керівник проєкту: _____ Богдан АНТИПЧУК

[illegible]

“ Система альтернативного енергозабезпечення електричною енергією
торгівельно-розважального комплексу на базі енергогенеруючої плитки, яка
працює за технологією Pavegen Systems ”

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт складається з 77 листів пояснювальної записки, яка включає чотири розділи та графічну частину виконану на 2 листах формату A1 креслярського паперу.

В першому розділі даного дипломного проєкту проведено аналіз сучасних джерел альтернативної електроенергетики, описано їх переваги та недоліки та обґрунтовано вибір технології Pavegen Systems для реалізації поставленого завдання дипломного проєкту, яка базується на перетворенні кінетичної енергії кроку людини в електричну енергію та працює на явищі електромагнітної індукції.

У другому розділі було проведено розрахунок та вибрано типи і моделі всього обладнання необхідного для реалізації системи альтернативного електрозабезпечення торговельно-розважального комплексу на базі енергогенеруючої плитки Pavegen Systems, а саме: кількість натискних плиток Pavegen Systems, інвертор, акумуляторні батареї, пристрій АВР, лічильник «зеленого тарифу», кабелі з'єднання, обґрунтовано та обрано схему реалізації електропостачання.

У третьому розділі проведено розрахунок економічної ефективності розробленої системи альтернативного енергозабезпечення електричною енергією торговельно-розважального комплексу на базі енергогенеруючої плитки, яка працює за технологією Pavegen Systems.

У четвертому розділі описано охорону праці та пожежну безпеку при роботі з акумуляторними батареями та гібридними інверторами, а також описано правила та послідовність надання першої допомоги при ураженні електричним струмом під час роботи з електричним обладнанням.

3MICT

ВСТУП	8
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ТА МЕРЕЖЕВИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	9
1.1 Загальна характеристика сучасних джерел енергії	9
1.2 Альтернативні джерела енергії	10
1.3 Сонячна енергетика	10
1.4 Вітрова енергетика	13
1.5 Геотермальна енергетика	16
1.6 Біоенергетика	20
1.7 Гідроенергетика	22
1.8 Енергія припливів, морських хвиль та океану	24
1.9 Кінетична енергія кроку людини	26
1.10 Обґрунтування вибору технології Pavegen Systems для реалізації поставленого завдання дипломного проєкту	28
2 СИСТЕМА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОРГІВЕЛЬНО-РОЗВАЖАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧОЇ ПЛИТКИ PAVEGEN SYSTEMS	30
2.1 Вихідні дані проєкту	30
2.2 Вибір типу і розрахунок необхідної кількості та потужності плит Pavegen Systems	31
2.3 Вибір схеми електропостачання будівлі торговельного комплексу	37
2.4 Розрахунок та вибір моделі інвертора. Реалізація підключення натискних плиток Pavegen Systems до обраного інвертора	41
2.5 Розрахунок кількості та вибір типу акумуляторних батарей	49
2.6 Вибір пристрою автоматичного введення резерву	54
2.7 Вибір лічильників обліку електричної енергії	56

					ДП.141.042.020.ПЗ							
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ				Літ.	Арк.	Аркушіів	
Розробив		Льєнко Є. Д.							У		6	77
Перевір		Антипчук Б.О.										
Н. Контр.		Антипчук Б.О.							ЖАТФК, Гр. Е-42			
Затв.		Лаврищев О.О.										

2.8 Вибір кабелів з'єднання	58
3 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ	60
3.1 Розрахунок капітальних затрат	60
3.2 Обчислення витрат на експлуатацію проєкту	63
3.3 Розрахунок терміну окупності розробленої систем	65
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	68
4.1 Надання допомоги при ураженні електричним струмом під час роботи з електричним обладнанням	68
4.2 Пожежна безпека під час роботи з акумуляторними батареями та гібридними інверторами	69
ВИСНОВКИ	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	74
ДОДАТКИ	76

ВСТУП

Оскільки багато проблем із виробництвом електроенергії ще не вирішені, у світі досліджують та застосовують усі можливі варіанти її виробництва. Основною проблемою виробництва електроенергії є екологічна проблема.

Найбільша частка у виробництві електроенергії належить тепловим електростанціям. Для виробництва ці станції використовують невідновлювані ресурси, яких може вистачити на 150-200 років. З огляду на зростання потреби в електроенергії у світі, ці дані можуть змінитися. Крім того, теплові електростанції найбільше забруднюють навколишнє середовище. Крім витрат ресурсів, продукти спалювання викидають в атмосферу вуглекислий газ та інші шкідливі речовини. Також під час виробництва відбувається теплове забруднення водойм, які використовуються для охолодження пари з турбін станції.

Останнім часом людство активно вивчає багато альтернативних джерел електроенергії. Серед них можна виділити енергію вітру, сонця, припливних течій, теплову енергію надр Землі, теплову енергію сонячного випромінювання, кінетичну енергію кроку людини та багато іншого. Ці джерела практично невичерпні, тому привертають увагу дослідників.

Актуальність цієї теми пояснюється використанням екологічно чистої електроенергії, отриманої від кроку людини.

Метою даної роботи є розробка електрогенеруючої системи, яка використовує енергію кроку людини для виробництва електроенергії. Ця система є екологічно чистою та ефективною в місцях з інтенсивним рухом людей. Результатом цієї роботи може стати зменшення витрат підприємства на електроенергію та покращення екологічної ситуації.

					ДП.141.042.020.ПЗ							
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Гльєнко Є. Д.			ВСТУП				Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір		Антипчук Б.О.								У	8	77
									ЖАТФК, Гр. Е-42			
Н. Контр.		Антипчук Б.О.										
Затв.		Лавріщев О.О.										

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ТА МЕРЕЖЕВИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Загальна характеристика сучасних джерел енергії

Енергетичні джерела – це матеріальні об’єкти, що зосереджують придатну для практичного використання енергію. Види джерел енергії поділяються на три типи: викопне паливо, ядерне паливо, поновлювальні джерела.

Викопне паливо – традиційні, невідновлювані джерела енергії, до яких належать вугілля, природний газ та нафта. Ці запаси є обмеженими і можуть бути чітко визначені. Сучасні технології не дозволяють видобувати більшу частину викопних ресурсів, особливо тих, які знаходяться в глибинах океану. Крім того, викопні ресурси мають негативний вплив на навколишнє середовище.

Ядерне паливо: його використання дозволяє отримувати теплову та електричну енергію через ядерні реакції. Сучасні технології та ресурси можуть задовольнити світові потреби в електроенергії за допомогою ядерної енергії. Однак розвиток атомної енергетики супроводжується політичними та екологічними проблемами, зокрема, уповільненням росту атомних електростанцій через екологічні аварії (таких як Чорнобиль і Фукусіма), труднощами з похованням ядерних відходів і питаннями ядерної безпеки. Поширення ядерних технологій також стає причиною політичних дискусій.

Поновлювані джерела – це невичерпні джерела енергії (природні, альтернативні, з нульовими викидами, поновлювані). До них належать сонячна енергія, енергія припливів, геотермальна енергія, енергія вітру та виробництво гідроелектрики й біогазу з органічних відходів. Майже всі ці джерела енергії є екологічно чистими.

					ДП.141.042.020.ПЗ					
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата						
Розробив	Льєнко Є. Д.				1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ТА МЕРЕЖЕВИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ			Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір	Антипчук Б.О.							у	9	77
								ЖАТФК, Гр. Е-42		
Н. Контр.	Антипчук Б.О.									
Затв.	Лавріщев О.О.									

1.2 Альтернативні джерела енергії

Альтернативна енергія включає всі джерела, які не вимагають використання викопного палива. Вони широко доступні, майже невичерпні та екологічно чисті, що мінімально або взагалі не забруднюють навколишнє середовище.

Сьогодні існують такі екологічно чисті джерела енергії (див. таблицю 1.1):

- сонячна енергія;
- енергія вітру;
- геотермальна енергія;
- біоенергетика;
- гідроелектростанції;
- енергія припливів, морських хвиль та океану;
- енергія кроку людини.

Таблиця 1.1 – Види альтернативних джерел електроенергії та їх потенціал

Вид енергії	Потенціал, %	
	Технічний	Практично реалізований
Сонячна	50	10
Гідравлічна	30	10
Вітрова	30	15
З органічних відходів	25	10
За рахунок температурного градієнта світового океану	10	від 0 до 10
Геотермальна	4	2

1.3 Сонячна енергетика

Сонячна енергія є першим джерелом енергії у світі і використовувалася задовго до того, як люди навчилися розпалювати вогонь. Багато живих

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
						Аркуш
					ДП.141.042.020.ПЗ	

організмів, такі як рослини, водні істоти та тварини, залежать від сонячної енергії.

Сонячна енергія є одним з найбільш поширених альтернативних джерел енергії у світі. Середньорічна сумарна енергія сонячного випромінювання, яка досягає Землі, становить від 1100 до 1500 кВт·год на квадратний метр. Акумуляування сонячної енергії є одним з найперспективніших напрямків розвитку альтернативних джерел енергії. Приблизно 70% сонячного світла відбивається назад у космос, і ми використовуємо лише 30% для задоволення наших енергетичних потреб.

Сонячна енергія не створює забруднення і широко використовується в багатьох країнах. Це поновлюваний ресурс. Сонячні панелі, які використовуються для акумуляування цієї енергії, можуть служити протягом тривалого часу і практично не потребують обслуговування. Однак сонячна енергія неефективна в регіонах, які не отримують достатньо сонячного світла. Сонячне світло не може бути використане вночі, і не все сонячне світло може бути поглинуте сонячними батареями. Але переваг у сонячній енергії більше, ніж недоліків.

Існує два типи сонячних систем: активні та пасивні. Пасивна сонячна система використовує тривалість, положення та інтенсивність сонячних променів. Активна сонячна система застосовує електричні та механічні технології, такі як сонячні колектори, насоси та збірні панелі, для збору, перетворення та зберігання енергії для майбутнього використання. Сонячні панелі є типом збірних панелей, які поглинають енергію сонячних променів і перетворюють її у електричну або теплову енергію.

Принцип роботи сонячної панелі базується на фотогальванічному ефекті, який дозволяє перетворювати сонячні промені на електроенергію, накопичувати її та використовувати завдяки напівпровідникам.

Процес можна описати так: сонячний промінь потрапляє на поверхню р-п шару провідника та вибиває з нього електрони. Ці електрони з певним

зарядом починають переміщуватися по колу, що дозволяє живити електроспоживача, підключеного до цього кола (див. рис. 1.1).

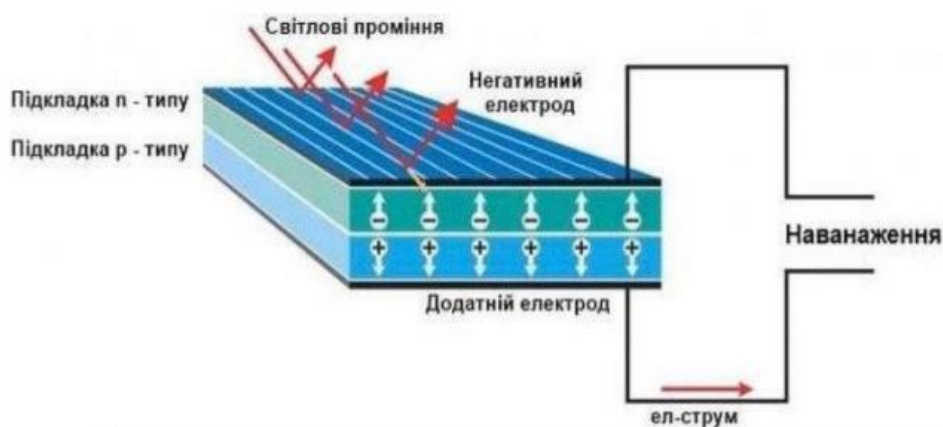


Рисунок 1.1 – Принцип виникнення фото-електрорушійної сили

Однак різниця потенціалів, створювана одним фотоелементом, є недостатньою для промислового застосування. Щоб використовувати сонячні елементи для живлення пристроїв, їх об'єднують разом, утворюючи сонячні батареї (збірки, модулі). Крім того, фотоелементи покривають захисними шарами зі скла, пластмаси та різних плівок для захисту крихкого елемента.

Основною робочою характеристикою сонячної батареї є пікова потужність, виражена у Ватах (Вт, W). Вона визначає вихідну потужність батареї в оптимальних умовах: при сонячному випромінюванні 1 кВт/м^2 , температурі навколишнього середовища 25°C та сонячному спектрі з шириною 45° . У звичайних умовах досягти таких показників вдається рідко, оскільки освітленість зазвичай нижча, а модуль нагрівається до $60\text{--}70$ градусів.

Послідовне з'єднання фотоелементів підвищує різницю потенціалів, тоді як паралельне з'єднання збільшує струм. Таким чином, комбінуючи з'єднання, можна досягти необхідних параметрів за струмом і напругою, а отже, і по потужності. Крім того, послідовно або паралельно можна з'єднувати не тільки фотоелементи в межах однієї сонячної батареї, але й цілі сонячні батареї.

1.4 Вітрова енергетика

Україна має багатий досвід у сфері вітроенергетики, охоплюючи виробництво, проектування, будівництво, експлуатацію та обслуговування як вітроенергетичних установок, так і вітроенергетичних станцій. Країна має достатній науково-технічний потенціал і розвинену виробничу базу для підтримки цієї галузі.

Вітрові турбіни працюють за простим принципом: замість використання електроенергії для створення вітру, як це робить вентилятор, вони використовують вітер для генерації електроенергії. Вітер обертає лопатки турбіни, схожі на гвинт, навколо ротора, який обертає генератор, що створює електрику.

Вітер є формою сонячної енергії, викликаною поєднанням трьох факторів:

- нерівномірне нагрівання атмосфери Сонцем;
- нерівності земної поверхні;
- обертання Землі.

Вітрова турбіна перетворює енергію вітру в електрику, використовуючи аеродинамічну силу від лопатей, які діють як крило літака або лопаті вертольота. Коли вітер проходить через лопать, тиск повітря на одній стороні зменшується. Різниця в тиску повітря на обох сторонах лопаті створює підйом і опір. Сила підйому перевищує опір, що змушує ротор обертатися. Ротор з'єднується з генератором або безпосередньо (якщо це турбіна з прямим приводом), або через вал і ряд зубчастих коліс (редукторів), які збільшують обертання і дозволяють використовувати фізично менший генератор.

За оцінками різних авторів, вітроенергетичний потенціал Землі складає 1200 ТВт, і використання цього виду енергії має численні переваги. Середньорічна швидкість вітру на висоті 20-30 метрів над поверхнею Землі повинна бути достатньою, щоб повітряні потоки, що проходять через

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
						13
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вертикальний перетин, досягали значення, придатного для економічного використання.

Енергія, що міститься в повітряному потоці, пропорційна кубу швидкості вітру. Однак навіть з досконалим обладнанням неможливо використовувати всю енергію повітряного потоку. Теоретично ефективність перетворення енергії повітряного потоку може досягати 59,3%. На практиці ж максимальна ефективність вітротурбіни становить близько 50%, і цей показник досягається лише за оптимальних швидкостей вітру, передбачених проектом.

Крім того, частина енергії втрачається під час перетворення механічної енергії в електричну, з ефективністю зазвичай від 75 до 95%. Ураховуючи всі ці фактори, фактична електрична енергія, вироблена вітроенергетичною установкою, становить від 30 до 40% від енергії повітряного потоку, за умови, що турбіна працює в очікуваному діапазоні швидкостей.

Принцип дії всіх вітрогенераторів однаковий: чим більший діаметр вітрового колеса, тим більше повітряного потоку воно захоплює і тим більше енергії виробляє генератор.

Вітрогенератори поділяються на два типи (див. рисунок 1.2):

- вітрогенератори з горизонтальною віссю обертання (крильчаті);
- вітрогенератори з вертикальною віссю обертання (карусельні: лопатеві та ортогональні).

Вітрові турбіни з горизонтальною віссю – це те, що багато людей уявляють, коли думають про вітрові турбіни. Зазвичай вони мають три лопаті та працюють «проти вітру», коли турбіна на верхівці вежі обертається так, щоб лопаті були спрямовані на вітер.

Переваги цього типу установки: висока потужність енергії, яку вони здатні виробляти (до 7 МВт), великий крутний момент, високий попит на ринку та відсутність шкідливих відходів.

Недоліки цього типу установки: висока вартість, значний рівень шуму, що унеможливорює установку поблизу житлових будинків, змінний напрямок і сила вітру, що вимагають додаткового джерела енергії.

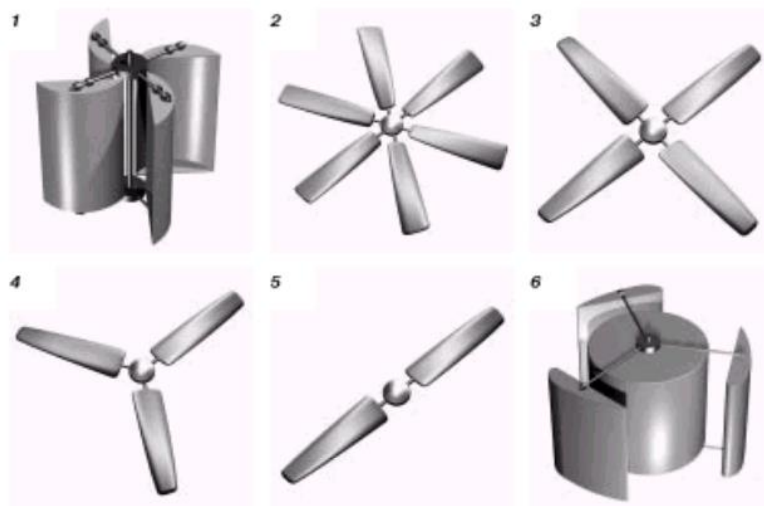


Рисунок 1.2 – Типи вітрогенераторів: 1, 6 – вітрогенератори з вертикальною віссю обертання; 2, 3, 4, 5 – вітрогенератори з горизонтальною віссю обертання

Вертикально-осьові вітрові турбіни бувають декількох різновидів, включаючи модель Дар'є (див рис. 1.3), названа на честь свого французького винахідника. Ці турбіни всенаправлені – це означає, що їх не потрібно налаштовувати, щоб вказувати на вітер для роботи.



Рисунок 1.3 – вітрогенератор Дар'є

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.141.042.020.ПЗ

Аркуш

15

У такій конфігурації лопатей обертове крило може повністю використовувати переваги потоку енергії, незалежно від того, де він знаходиться. Турбіна може досягати потоку під будь-яким вертикальним або горизонтальним кутом до положення ротора. Лопаті мають гвинтову форму для зменшення вібрацій на осі під час обертання поворотного крила. Кількість лопатей вибрано для полегшення самозапуску поворотного крила та одночасного зменшення вібрацій на осі при його обертанні. Кінці лопатей розташовані до внутрішньої сторони.

У роторі створюється перетягування завдяки висоті профілю леза, що поліпшує можливість самозапуску. Коли обертове крило обертається, кінці леза призводять до збільшення сили підйому, що підвищує стабільність обертів лопатки турбіни, особливо при високому обертанні.

Переваги використання такого типу конфігурації ротора:

- самозапуск без додаткових компонентів при швидкості вітру 1,25 м/с;
- низький рівень шуму (при 5 м/с всього 44,2 дБ);
- можливість встановлення на невисокій висоті, що полегшує обслуговування;
- працює при різних напрямках вітру.

Недоліки використання:

- складна технологія виготовлення закручених лопатей;
- висока вартість виробництва.

1.5 Геотермальна енергетика

Геотермальна енергія буквально означає тепло, що виходить із Землі, з температурою, яка оцінюється в 5500°C. В ядрі Землі температура приблизно така ж, як на поверхні Сонця. Геотермальна енергія є чистим поновлюваним ресурсом, доступним для багатьох країн, що знаходяться в геологічно сприятливих місцях. Вона може бути добута з підземних резервуарів, що

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

містять високотемпературні породи, насичені водою або парою. Зазвичай свердловини пробурюють на глибину понад два кілометри. Гаряча вода і пар потрапляють по трубах до геотермальних електростанцій, де використовуються для генерації електрики для підприємств і будинків.

Всю природну теплоту, що міститься в твердій, рідкій і газоподібній складових земної кори, можна розділити на два типи геотермальних ресурсів: гідротермальні (пара, вода, газ) і петрогеотермальні (розігріті гірські породи).

Температура в земній корі підвищується приблизно на 3°C кожні 100 метрів у глибину. На глибині 20 км вона складає близько 500°C , а на глибині 50 км — близько $700\text{--}800^{\circ}\text{C}$.

Виробництво електроенергії з геотермальних ресурсів може здійснюватися у звичайних парових турбінах або бінарних установках, залежно від температури ресурсу.

Звичайні парові турбіни працюють при температурі рідин не менше 150°C і можуть мати або атмосферний (протитиск), або конденсаційний вихлоп. Атмосферні турбіни простіші у використанні і дешевші. Після пропарювання безпосередньо із сухопарових свердловин або після розділення води і пари, з вологих свердловин, пар проходить через турбіну і випускається в атмосферу. У цьому типі агрегату споживання пари на кіловат-годину майже вдвічі більше, ніж у конденсаційних установках.

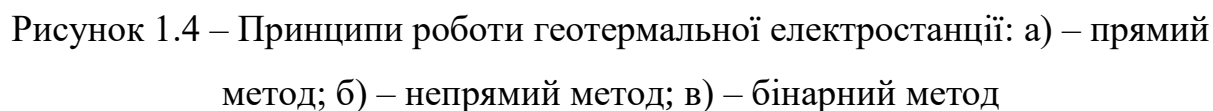
Компресорно-конденсаторні агрегати мають більше допоміжного обладнання і є складнішими, ніж атмосферні вихлопні агрегати. Виготовлення великих компресорно-конденсаторних агрегатів може зайняти вдвічі більше часу. Конденсаційні установки потужністю від 55 до 60 МВт дуже поширені, але також були побудовані і встановлені електростанції потужністю 110 МВт.

Згідно з класифікацією Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), існує п'ять типів джерел геотермальної енергії:

- суха пара;
- волога пара (гаряча вода + пара);

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- Існує три способи перетворення геотермальної енергії на електрику (див. рисунок 1.4). Вони залежать від двох факторів: стану середовища (вода чи пара) та температури породи.



Прямий метод використовує суху пару.

Непрямий метод заснований на використанні водяної пари. Щоб вода могла підніматися під власним тиском, її температура повинна перевищувати 180 °С. Це значення нижче, ніж у сухих парових установках. Принцип роботи полягає в тому, що при зниженні тиску частина води перетворюється на пару,

яка проходить через секцію турбін. Вода, що залишилася в рідкому стані, повертається назад у свердловину і може знову використовуватися для опалення.

Змішаний або бінарний метод включає використання геотермальних вод у поєднанні з допоміжною рідиною, наприклад, фреоном. Прогнози свідчать, що в майбутньому бінарні електростанції стануть найпоширенішим типом геотермальних електростанцій, оскільки вони можуть використовувати воду з нижчою температурою. Такі установки також не виділяють нічого, окрім водяної пари, на відміну від установок з «сухим паром», які випускають парникові гази.

Переваги використання геотермальної енергії: поновлювані джерела енергії: за умови належного керування резервуаром, швидкість вилучення енергії можна збалансувати з швидкістю природного поповнення тепла резервуара; базове навантаження: геотермальні електростанції безперервно виробляють електроенергію 24 години на добу, 7 днів на тиждень, незалежно від погодних умов; невелика площа: геотермальні електростанції компактні та займають менше землі на ГВт-год (404 м²) порівняно з вугільними (3642 м²), вітровими (1335 м²) або сонячними (3237 м²) станціями; чистота: сучасні геотермальні електростанції із замкнутим контуром не виділяють парникових газів; їхні викиди парникових газів протягом життєвого циклу (50 г екв. CO₂/кВт·год) в чотири рази менші, ніж у сонячній енергетиці, і в 6-20 разів нижчі, ніж у природному газі. Геотермальні електростанції споживають менше води протягом всього терміну служби енергії порівняно з більшістю традиційних технологій генерації.

Недоліки використання геотермальної енергії:

- високе споживання прісної води, що може призвести до її дефіциту;
- географічні обмеження;
- висока вартість будівництва геотермальних електростанцій.

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.141.042.020.ПЗ

Аркуш

19

1.6 Біоенергетика

Біоенергетика – це галузь енергетики, яка базується на використанні біопалива, виробленого з біомаси. Біомаса – це біологічний матеріал, отриманий з живих або нещодавно живих організмів. У контексті енергетики біомаса зазвичай означає рослинний матеріал, але цей термін може також стосуватися як рослинних, так і тваринних матеріалів.

Для виробництва біогазу використовуються спеціальні бактерії, які розкладають вологі органічні речовини, такі як перегній, стічні води або харчові відходи. Ці системи виробляють суміш метану, вуглекислого газу та напівтвердих залишків.

Біогаз – це метан з концентрацією метану від 70 до 75% та теплотворною здатністю від 5000 до 5500 ккал/м³, що в 2-2,5 рази перевищує теплотворну здатність сухої біомаси при простому згорянні. Кількість біогазу, отриманого з одного кубічного метра сировини, забезпечує енергією, що становить 90% енергії, яка міститься в первинній масі. Це свідчить про те, що ефективність анаеробної біотехнології досягає 90%, що підтверджує її переваги над горінням.

Біогаз, отриманий за допомогою цієї технології, може бути використаний наступними способами: а) джерело тепла – спалюючи один кубічний метр біогазу в котлах, можна отримати від 4 до 5 кВт теплової енергії; б) механічне джерело енергії – при спалюванні біогазу в двигунах внутрішнього згорання (зазвичай не використовується в газотурбінних двигунах через невелику кількість цього газу), можна отримати від 1,8 до 2,2 кВт·год електроенергії та додатково від 2,5 до 3,5 кВт теплової енергії від відпрацьованих газів; в) газоподібне моторне паливо для транспортних засобів – біогаз може бути стиснутий до 22 МПа.

Глобальна біоенергетика розвивається в таких технологічних сферах: пряме спалювання: це стосується спалювання сільськогосподарських, твердих та побутових відходів, торфу та промислових відходів; анаеробна

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

обробка: включає обробку твердих побутових відходів без доступу повітря для отримання енергії; термохімічна конверсія: передбачає перетворення біомаси в газоподібне або рідке паливо за допомогою термічних і хімічних процесів; виробництво біопалива: включає виробництво етанолу, рослинної олії та біодизеля з біомаси.

Спалювання біомаси приваблює своєю відносно простою технологією, помірними витратами та дешевизною сировини. Проста біогазова установка (див. рисунок 1.5) включає контейнер для розкладу органічних речовин у водному розчині, контейнер для збору газів, а також системи подачі органічних речовин, газу до місця використання та ліквідації відходів.

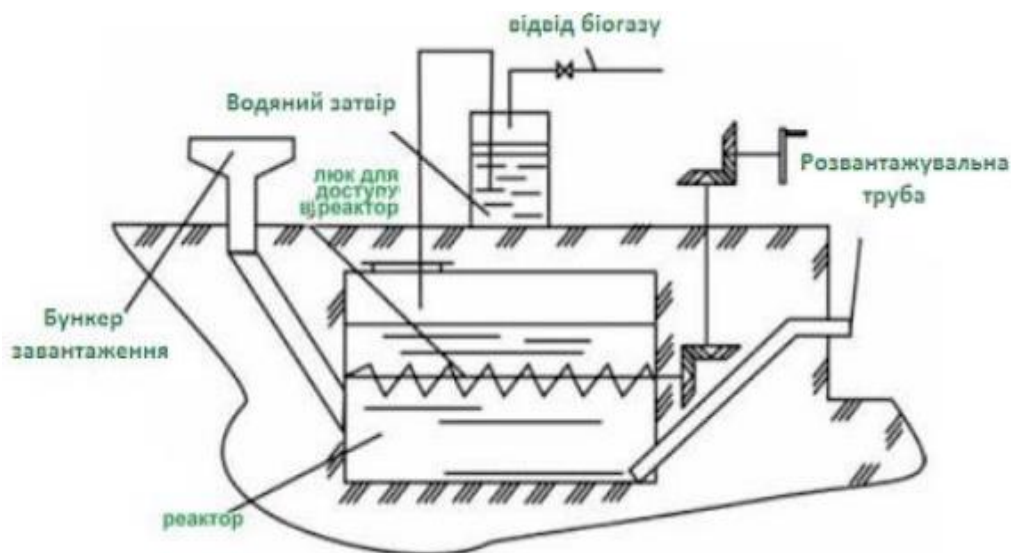


Рисунок 1.5 – Структурна схема біогазової установки

Рослинна біомаса має великий потенціал як паливно-сировинне джерело. Протягом 2010-2016 років ріст сектора біоенергетики в Україні оцінюється в середньому на 45% на рік для виробництва біопалива і на 35% на рік для загального постачання первинної енергії з них. До рослинної біомаси відносяться: деревина і її відходи (так звані лісосічні відходи), що становлять 40-60% загальної кількості заготовленої деревини; відходи деревообробки, що складають до 20% обсягу виробництва ділової деревини; відходи рослинництва (солота, кукурудзяні качани, рисова і соняшникова

лузга тощо), а також торф, тверді органічні відходи, промислові і побутові відходи.

Шкідливість цього процесу полягає в тепловому забрудненні атмосфери, оскільки при згорянні палива вивільняється тепла енергія. Відбувається також хімічне забруднення через викиди отруйних речовин, таких як оксид вуглецю, сірчаний ангідрид, оксид азоту та інші токсичні речовини разом із продуктами повного і неповного згорання палива.

1.7 Гідроенергетика

Гідроелектростанції (ГЕС) використовують кінетичну енергію рухомої води для перетворення її в механічну енергію турбін. Потім турбіни генерують електрику через генератори. Існують різні види гідроелектростанцій. Гідроенергетика є відновлюваним, постійним, передбачуваним та контрольованим джерелом енергії. Вони не викидають парникових газів і є екологічно чистими.

Існує багато типів гідроелектростанцій. Їх вибір залежить від кількості доступної води та її витрат. Це також залежить від доступної площі та бюджету.

Гідроелектростанція накачування працює за принципом відповідності попиту на електроенергію. Вона використовує різницю висот між двома резервуарами для перекачування води залежно від потреб. Коли потреба в електриці низька, надлишок енергії використовується для викачування води в більш високий резервуар. У разі підвищеного попиту турбіни повертають воду назад у нижчий резервуар. Така система є комерційно найбільш важливою формою накопичення енергії та підвищує щоденну ефективність роботи системи.

Гідроелектростанція на основі потоку річки не має резервуара для зберігання води. Вода безперервно тече через турбіни і постійно рухається,

що виключає можливість її зупинки. Тому воду, яка надходить з верхньої течії, необхідно використовувати негайно або обходити греблю.

Підземна гідроелектростанція працює завдяки природній різниці висот, яку можна отримати, використовуючи два водних потоки, наприклад, водоспад або гірське озеро. Підземний тунель побудовано для надходження води з верхнього резервуара до місця генерації і горизонтального відвідного каналу, який доставляє воду в нижній резервуар.

Мікро-ГЕС має коефіцієнт корисної дії (ККД) 73%, що є дуже хорошим показником для перетворення енергії падаючої води в електричний струм. Взимку ГЕС продовжує працювати навіть під льодом завдяки тому, що найбільш щільна вода з температурою 4 градуси тяжіє до центру вихору. По краях циліндра утворюється крижана кірка, яка виступає в ролі утеплювача та не дає центру занадто сильно охолодитися. Мікро-ГЕС є надійним, екологічно чистим, компактним і недорогим джерелом енергії для сіл, міст, ферм та малого бізнесу у віддалених та важкодоступних гірських районах, де немає ліній електропередач, а їх будівництво зараз більш тривале і дорожче, ніж придбання мікро-ГЕС.

Переваги мікро-ГЕС:

- ефективність перетворення енергії води, яка досягає 73%, є дуже високою;
- мікро-ГЕС працює навіть під льодом узимку;
- оригінальна компоновка агрегатів мікро-ГЕС, використання передових технологій, сучасних матеріалів і дизайну забезпечує високі споживчі властивості та надійну роботу.

Недоліки:

- у зимовий та літній періоди знижується ефективність їх роботи;
- недостатня ремонтна та виробнича здатність підприємств;
- недостатньо вивчений негативний вплив на навколишнє середовище та сільськогосподарську діяльність.

1.8 Енергія припливів, морських хвиль та океану

Завдяки великим масштабам океанів, ця енергія може використовуватися в набагато ширшому обсязі, ніж інші альтернативні джерела енергії. Океанські хвилі та приливи, які досягають берегової лінії, мають величезний потенціал. Якщо їх повністю задіяти, вони можуть суттєво зменшити енергетичні проблеми світу. Існує три способи використання енергії океану: приливна енергія, хвильова енергія та перетворення теплової енергії океану.

Приливна енергія: в основному базується на використанні кінетичної енергії припливів і відливів. Різниця між приливами і відливами також відіграє важливу роль. Це ще одна форма гідроенергетики. Підйом і спуск океанських вод фіксується генераторами приливної енергії, які обертають турбіни. Рух турбін відповідає за виробництво електроенергії. Таким чином, генератор приливної енергії вловлює кінетичний рух припливів і перетворює його на електричну енергію.

Генератори приливної енергії (див. рисунок 1.6) зазвичай встановлюють уздовж берегової лінії, хоча морські установки також набувають популярності. Берегові лінії є кращими, оскільки вони забезпечують 2 приливи та 2 відливи щодня. Для вироблення електроенергії різниця у рівнях води повинна бути не менше 5 метрів.

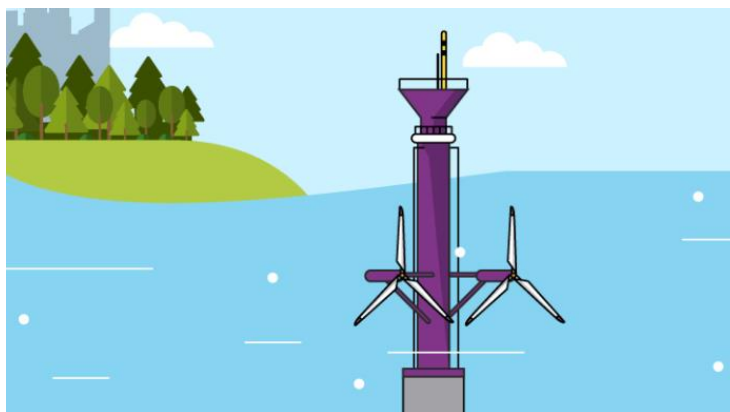


Рисунок 1.6 – Генератори приливної енергії

Приливні турбіни використовують аналогічну технологію, як і вітряні турбіни. Основна відмінність полягає в тому, що лопаті приливних турбін набагато міцніші та коротші. Найкращим порівнянням приливних турбін є підводні вітряки. Водні потоки обертають турбіну, яка з'єднана з генератором через вал. Коли турбіна обертається, вал також обертається, активуючи генератор, який виробляє енергію. Початкова вартість установки цієї системи приливних течій є досить високою, а обслуговування є складним. Проте, вона є більш економічною альтернативою, яка не погіршує стан навколишнього середовища порівняно з іншими приливними технологіями.

Приливні загородження є найбільш ефективними технологіями для використання приливної енергії. Вони подібні до гребель, які використовуються на гідроелектростанціях, але значно більші, оскільки будуються через затоки або гирла річок. Для вироблення енергії приливна різниця, яка визначається як різниця між рівнями води під час припливу та відливу, повинна бути понад 5 метрів. Коли приплив приносить воду в систему, вона тече через загорожу в басейн. Коли приплив спадає, ворота системи закриваються, утримуючи воду в басейні. Коли починається відплив, ворота в загорі, які містять турбіни, відкриваються, і вода витікає через них, обертаючи турбіни та генеруючи енергію.

Будівництво приливних загороджень вимагає високих початкових капітальних витрат і має значний вплив на навколишнє середовище.

Переваги використання систем генерації електроенергії, що працюють на енергія припливів, морських хвиль та океану:

- екологічно чисті: системи не шкодять навколишньому середовищу;
- відновлювальне джерело енергії: системи використовують припливи та відливи, які є безперервними процесами;
- передбачуваність: припливи і відливи є циклічними процесами, тому рівень потужності системи можна прогнозувати;
- конкурентоспроможність: система є вигідною альтернативою іншим видам енергетики;

- ефективність: океанічні потоки здатні виробляти більше енергії, ніж вітрогенератори.

Недоліки використання систем генерації електроенергії, що працюють на енергія припливів, морських хвиль та океану:

- високі початкові витрати: будівництво та встановлення таких систем потребують значних інвестицій;
- проблема ефективності: припливи і відливи відбуваються лише двічі на день, тому виробництво енергії обмежене цими періодами;
- вплив на морську флору та фауну: системи можуть впливати на екосистеми моря.

1.9 Кінетична енергія кроку людини

Застосування технології, що використовує кроки людей для виробництва електроенергії, є досить перспективним. Її перевага полягає в можливості встановлення в місцях, де інші енергогенеруючі системи неможливо або недоцільно встановлювати.

Яскравим прикладом використання кінетичної енергії кроку людини на сьогоднішній день є енергогенеруюча тротуарна плитка Pavegen, яку розробив інженер Лоуренс Кембелл-Кук. На рисунку 1.7 показано її будову: 1 – кришка натиску; 2 – статор; 3 – неодимові магніти в натискній кришці; 4 – робочий хід натискної кришки; 5 – пружини; 6 – герметичне з'єднання кришки з корпусом; 7 – корпус; 8 – неодимові магніти ротора; 9 – обмотка котушки статора (K1 – K3); 10 – неодимові магніти в корпусі; 11 – електричний випрямляч.

Така енергогенеруюча плитка виготовлена з гнучкого водонепроникного матеріалу, отриманого при переробці використаних автомобільних покришок, що робить плитку міцною і стійкою до стирання. Корпус плитки виготовлений з особливої нержавіючої сталі.

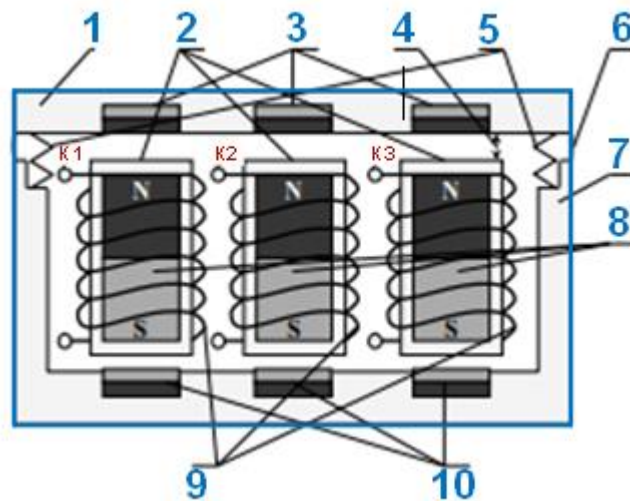


Рисунок 1.7 – Конструкцію енергогенеруючої плитки

Принцип дії плитки Pavegen наступний (див. рис. 1.8): при натисненні поверхня прогинається на 5-10 мм, що змушує інтегрований перетворювач генерувати електроенергію. Технологія перетворювача базується на гібридному перетворенні, яке включає п'єзоелектричний ефект, що генерує електроенергію за рахунок деформації, і електромагнітну індукцію. Отримана електрична енергія може бути використана для живлення різноманітних пристроїв або може бути збережена для подальшого використання, наприклад, у акумуляторних батареях. Недоліком є недоцільність її встановлення в місцях з малою інтенсивністю руху людей.

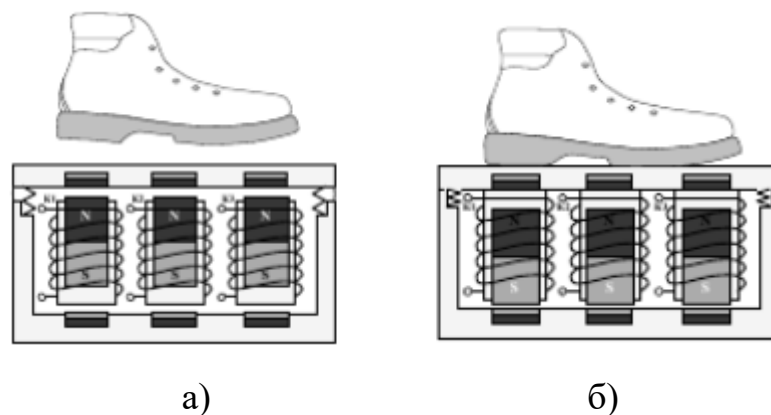


Рисунок 1.8 – Принцип дії енергогенеруючої плитки Pavegen: а) – до натискання; б) – після натискання

Одна плитка Pavegen здатна генерувати 4-5 Вт електричної енергії від кожного натискання. На рисунку 1.9 показано зовнішній вигляд енергогенеруючої плитки Pavegen. Такі плитки випускають прямокутної і трикутної форми.



Рисунок 1.9 – Зовнішній вигляд трикутної енергогенеруючої плитки Pavegen

1.10 Обґрунтування вибору технології Pavegen Systems для реалізації поставленого завдання дипломного проєкту

У цьому розділі розглянуто важливість пошуку нових джерел електроенергії, що завжди актуально у сучасному світі з його зростаючим рівнем електроспоживання. Відзначено, що альтернативні джерела енергії розширюють можливості отримання електроенергії різними способами за різних умов. Більшість методів отримання електроенергії з альтернативних джерел є досить екологічно чистими, безпечними та тривалими. Однак, як і будь-які інші методи, вони мають свої переваги та недоліки.

Метод, що використовує кінетичну енергію людських кроків та базується на використанні технологій розроблених європейською компанією-виробником Pavegen Systems, є надзвичайно перспективним способом вироблення електроенергії. Його перевага полягає у можливості

встановлення в місцях, де неможливо або недоцільно встановлювати інші електрогенеруючі системи, а саме безпосередньо в місцях споживання електроенергії, де є висока інтенсивність руху людей. Недоліком цього методу є недоцільність встановлення в місцях з малою інтенсивністю руху людей.

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

2 СИСТЕМА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОРГІВЕЛЬНО-РОЗВАЖАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧОЇ ПЛИТКИ PAVEGEN SYSTEMS

2.1 Вихідні дані проєкту

На рисунку 2.1 показано план приміщення торговельного-розважального комплексу, для якого буде створюватися система альтернативного електропостачання з використанням електрогенеруючої плитки для підлоги Pavegen Systems.

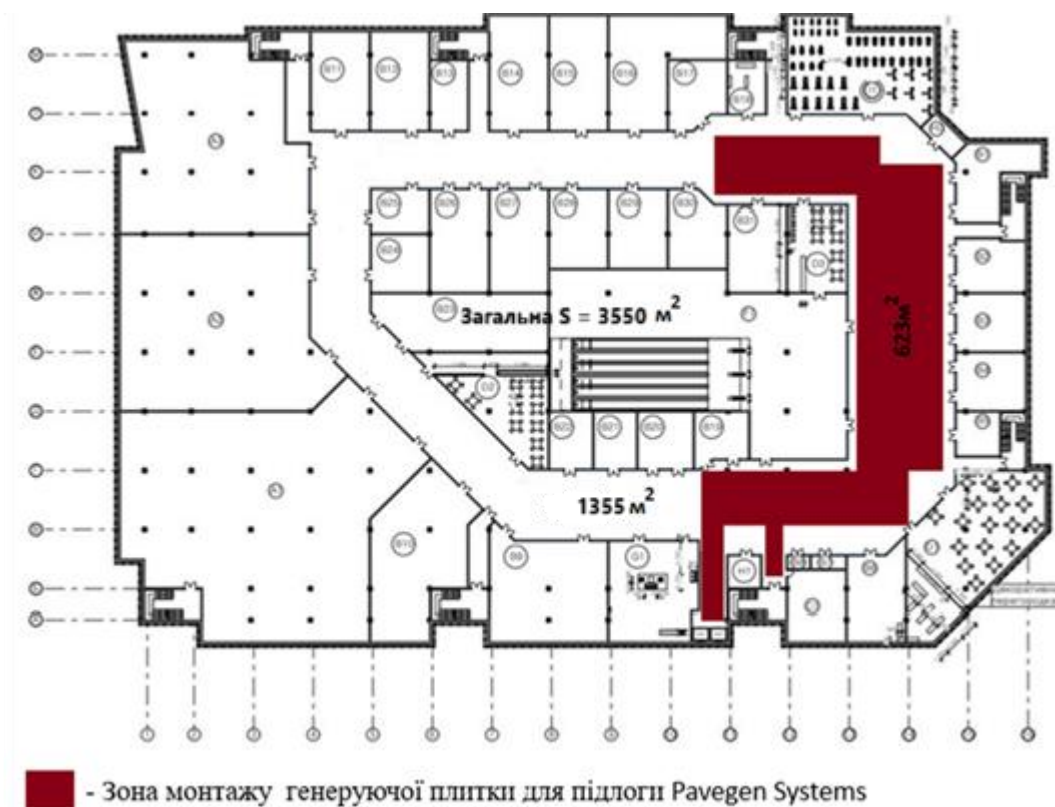


Рисунок 2.1 – План приміщення торговельного-розважального комплексу з потенційною та вибраною зонами монтажу електрогенеруючої плитки для підлоги Pavegen Systems

					<i>ДП.141.042.020.ПЗ</i>		
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Льсько Є. Д.				2 СИСТЕМА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОРГІВЕЛЬНО- РОЗВАЖАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧОЇ ПЛИТКИ PAVEGEN SYSTEMS		
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.				ЖАТФК, Гр. Е-42		
Затв.	Лавріщев О.О.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					У	30	77

Загальна площа торгівельно-розважального комплексу становить 3550 м². Зона приміщення торгівельного-розважального комплексу, де зазвичай перебуватиме велика кількість людей має загальну площу 1355 м². Це хол між різними зонами торгівлі та розваг. Саме в цій зоні буде доцільно встановити нашу систему генерування електричної енергії. Щоб досягти максимально можливого результату при мінімальних капітальних вкладеннях у розробку системи, з цієї зони ми виберемо найбільш ефективні ділянки для розміщення наших натискних електрогенеруючих плит Pavegen, які є основними модулями системи, що розробляється у рамках нашого дипломного проєкту.

Отже, згідно з обраною зоною розміщення, електрогенеруючі натискна плитка буде встановлена в місцях головного входу та найбільшої кількості різних розважальних зон, а також торгових зон приміщення торгівельно-розважального комплексу. На рисунку 2.1 ця зона безпосереднього розміщення натискних електрогенеруючих плиток позначена темно-червоним кольором, а її площа становить 623 м². Це значення площі буде використовуватись для подальших розрахунків та розробки нашої системи альтернативного електропостачання будівлі торгівельно-розважального комплексу.

2.2 Вибір типу і розрахунок необхідної кількості та потужності плит Pavegen Systems

Розрахунок та розробку нашої системи альтернативного електрозабезпечення ми почнемо саме із визначення необхідної кількості натискних електричних та вибору їх типу.

Оскільки, ця технологія є новітньою, то вона ще не набула широкого розповсюдження в сучасному світі, а тому на сьогоднішній день натискні електрогенеруючі плитки для підлоги виробляє серед відомих у світі, лише європейська компанія-виробник Pavegen. В таблиці 2.1 наведено основні

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

технічні характеристики та геометричні розміри нажимних панелей даної компанії-виробника. Їх ціна варіюється від 7,5 до 12 доларів за штуку, в залежності від геометричної форми, розмірів та потужності.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики натискної електрогенеруючої плитки Pavegen

Тип	Площа панелі, м ²	Потужність, Вт/крок	Напруга, В	Середня ціна за 1 шт., грн.
квадратний	0,25	4-8	48 В	4140
трикутний	0,43	4-8	48 В	5520

На рисунку 2.2 показано загальний вигляд натискних електричних генеруючих плиток компанії-виробника Pavegen в робочому стані.



а)

б)

Рисунок 2.2 – Загальний вигляд електрогенеруючих нажимних плиток Pavegen: а) – трикутна форма; б) – квадратна форма

Квадратна форма дозволяє зручно комбінувати плитки у великих просторах для максимального збирання енергії, а трикутна – ефективно використовувати обмежений простір для генерації енергії.

Використовуючи данні таблиці 2.1, розрахуємо максимальну кількість плиток в залежності від їхньої геометричної форми яку ми можемо встановити на обраній для їх монтажу зоні, за формулою:

$$n_{\text{плит. заг.}} = \frac{S_{\text{зони розміщення}}}{S_{\text{плитки}}} , \quad (2.1)$$

де:

$n_{\text{плит. заг.}}$ — кількість електрогенеруючих натискних плиток, шт.;

$S_{\text{зони розміщення}}$ — площа зони виділеної для розміщення електрогенеруючих натискних плиток Pavegen, м²;

$S_{\text{плитки}}$ — площа, яку займає одна електрогенеруюча натискна плитка Pavegen, м².

Отримаємо:

$$n_{\text{плит. заг. квадрат.}} = \frac{623}{0,25} = 2492 \text{ шт.};$$

$$n_{\text{плит. заг. трикут.}} = \frac{623}{0,43} = 1449 \text{ шт.}$$

У відповідності до монтажу квадратної натискної плитки Pavegen, з точки зору охоплення більшої площі генерації електроенергії, їх встановлюють не поруч одна з одною, а як мінімум через одну, що в свою чергу зменшить їх кількість в два рази. Трикутна натискна плитка встановлюється одна біля одної тобто розрахована загальна їх кількість відповідатиме прийнятому значенню. Отже, матимемо:

$$n_{\text{плит. остат. квадрат.}} = \frac{n_{\text{плит. заг. квадрат.}}}{2} ; \quad (2.2)$$

$$n_{\text{плит. остат. трикут.}} = n_{\text{плит. заг. трикут.}} ;$$

де:

$n_{\text{плит. остат. квадрат.}}$ — кількість електрогенеруючих натискних плиток Pavegen квадратної форми прийнятої до встановлення, шт.;

$n_{\text{плит. остат. трикут.}}$ — кількість електрогенеруючих натискних плиток Pavegen трикутної форми прийнятої до встановлення, шт.

Отримаємо:

$$n_{\text{плит. остат. квадрат.}} = \frac{2492}{2} = 1246 \text{ шт.};$$

$$n_{\text{плит. остат. трикут.}} = 1449 \text{ шт.}$$

Щоб визначити потужність, вироблену плиткою Pavegen у ватах за годину, необхідно знати кількість кроків, зроблених на плитці за цей час. Припустимо, що одна людина робить приблизно 2 кроки за секунду. Це дає приблизно 7200 кроків за годину ($2 \text{ кроки/секунда} \cdot 3600 \text{ секунд} = 7200 \text{ кроків}$). І квадратна і трикутна плитка виробляє 4-8 Вт електричної потужності за один крок, отже за годину їх вироблена потужність може становити:

$$P_{\text{плит. кв. (год.)}} = P_{\text{плит. трикут. (год.)}} = P_{\text{плит. (крок)}} \cdot n_{\text{кроків}}; \quad (2.3)$$

де:

$P_{\text{плит. кв. (год.)}}$ — максимальна вироблена електрична потужність однієї натискної плитки Pavegen квадратної форми за одну годину роботи, Вт·год;

$P_{\text{плит. трикут. (год.)}}$ — максимальна вироблена електрична потужність однієї натискної плитки Pavegen трикутної форми за одну годину роботи, Вт·год;

$n_{\text{кроків}}$ — максимальна кількість кроків людини за одну годину, шт.

Отримаємо:

$$P_{\text{плит. кв. (год.)}} = P_{\text{плит. трик. (год.)}} = 4 \cdot 7200 = 28800 \text{ Вт} \cdot \text{год.};$$

$$P_{\text{плит. трик. (год.)}} = P_{\text{плит. трик. (год.)}} = 8 \cdot 7200 = 57600 \text{ Вт} \cdot \text{год.}$$

Таким чином, одна плитка Pavegen будь-якої форми може виробляти приблизно від 28800 до 57600 Вт·год., залежно від кількості кроків та умов використання. Однак, цей розрахунок є теоретичним, і дані отримані за допомогою нього можуть змінюватися залежно від реальних умов експлуатації. Але для подальшого розрахунку використовуватимемо максимально можливе значення, а саме – 57600 Вт·год.

Тепер визначимо скільки електричної потужності вироблятиме прийнята до встановлення кількість електрогенеруючих натискних плиток Pavegen квадратної та трикутної форми відповідно:

$$\sum P_{\text{плит. кв. (год.)}} = n_{\text{плит. остат. квадрат.}} \cdot P_{\text{плит. кв. (год.)}} \cdot k ;$$

(2.4)

$$\sum P_{\text{плит. трик. (год.)}} = n_{\text{плит. остат. трикут.}} \cdot P_{\text{плит. трик. (год.)}} \cdot k ;$$

де:

$\sum P_{\text{плит. кв. (год.)}}$ – загальна електрична потужність, яку зможе виробляти прийнята до встановлення кількість квадратних електрогенеруючих натискних плиток Pavegen, Вт·год;

$\sum P_{\text{плит. трик. (год.)}}$ – загальна електрична потужність, яку зможе виробляти прийнята до встановлення кількість трикутних електрогенеруючих натискних плиток Pavegen, Вт·год.

k – коефіцієнт, який враховує інтенсивність людських кроків, його приймають рівним від 0,01 до 0,05.

Будемо мати, що:

$$\sum P_{\text{плит. кв. (год.)}} = 1246 \cdot 57600 \cdot 0,01 = 717696 \text{ Вт} \cdot \text{год.};$$

$$\sum P_{\text{плит. трик. (год.)}} = 1449 \cdot 57600 \cdot 0,01 = 834624 \text{ Вт} \cdot \text{год.}$$

Також не менш важливий показник системи, яку ми розробляємо це її економічна ефективність. Тому розрахуємо та порівняємо вартість натискних панелей трикутної та квадратної форми:

$$D_{\text{плитки заг.}} = D_{\text{плитки}} \cdot n_{\text{плит. остат.}}, \quad (2.5)$$

де:

$D_{\text{плитки заг.}}$ — загальна вартість натискних плиток Pavegen квадратної та трикутної форми, грн.;

$D_{\text{плитки}}$ — вартість однієї натискної плитки Pavegen квадратної та трикутної форми, грн.;

$n_{\text{плит. остат.}}$ — кількість електрогенеруючих натискних плиток Pavegen квадратної та трикутної форми, шт.

Будемо мати:

$$D_{\text{плитки кв. заг.}} = 4140 \cdot 1246 = 5158440 \text{ грн.};$$

$$D_{\text{плитки трик. заг.}} = 5520 \cdot 1449 = 7998480 \text{ грн.}$$

Як бачимо з проведених вище розрахунків, прийнята до встановлення кількість трикутних електрогенеруючих натискних плиток вироблятиме більше електроенергії ніж кількість квадратних, але як говорилося раніше квадратні можна встановлювати як мінімум через одну і вибирати зони на

підлозі де відбувається найбільш інтенсивний рух людей, трикутні ж електрогенеруючі плитки монтуються щільно одна біля одної у вигляді доріжки, тому їх ефективність у широкому холі торгівельно-розважального комплексу буде не така суттєва. Також вартість трикутних електрогенеруючих натискних плиток Pavegen значно перевищує грошові інвестиції, які потрібно буде витратити на купівлю плиток квадратної форми.

Тому в подальшому для реалізації нашої системи альтернативного електрозабезпечення приймемо електрогенеруючі плитки для підлоги саме квадратної форми.

2.3 Вибір схеми електропостачання будівлі торговельного комплексу

Одним із важливих етапів при проектуванні альтернативної системи електропостачання торговельно-розважального комплексу за допомогою натискних електрогенеруючих плиток Pavegen Systems є вибір варіанту її реалізації. Цей фактор впливає на надійність всієї системи, а також на вартість даного проєкту і термін його окупності. Тому спершу розглянемо всі можливі варіанти побудови нашої системи.

На сьогодні існує три основні базові типи реалізації системи альтернативного електропостачання на базі технології Pavegen Systems, а саме:

- автономна система;
- система поєднана з мережею;
- автономно-мережева система.

Автономна система (див рис. 2.3) використовуються там, де живлення від централізованого електропостачання неможливе, або сильно ускладнене. Така система характеризується обов'язковою наявністю акумуляторних батарей, які мають забезпечити безперебійне електропостачання в проміжках часу, коли буде відсутній активний потік людей, і перетворення кроку людини в електричну енергію буде мінімальним.

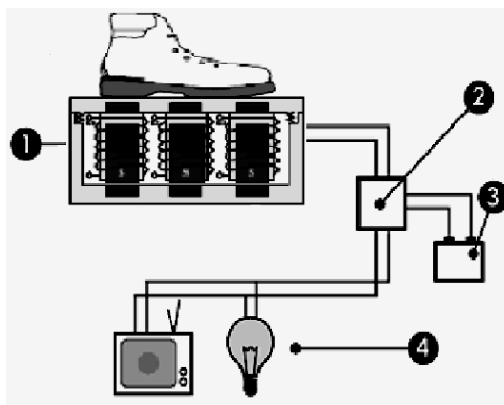


Рисунок 2.3 – Автономна система на базі технології Pavegen Systems:

- 1 – натискні електрогенеруючі плитки, 2 – гібридний інвертор,
3 – акумуляторні батареї, 4 – електричне навантаження

Найголовнішою перевагою автономної системи електропостачання на базі технології Pavegen Systems є незалежність від основної електричної мережі, а саме: аварій в основній електромережі, обривів на лініях електропередач, погіршення якості електроенергії через перевантаження в основній мережі та незалежність від підвищення цін на електроенергію.

Недолік автономних систем є те, що генерація власної електричної енергії потребує великих фінансових вкладень, надлишок виробленої енергії втрачається, так як його не можливо нікуди передати, до того ж подібні системи мають великий термін окупності.

На рисунку 2.4 показано систему альтернативного електрозабезпечення на базі технології Pavegen Systems яка поєднана з основною мережею електропостачання. Такий варіант реалізації альтернативного електропостачання не передбачає використання акумуляторних батарей. Тобто при такій варіації реалізації нашої системи, електроенергія буде постійно використовуватись споживачами торгівельно-розважального комплексу або продаватись в основну електромережу. Якщо ж енергії виробленої такою системою буде не вистачати, зокрема, це стосується проміжків часу коли відсутній інтенсивний потік відвідувачів або пізній вечірній час, то електроенергія буде братись із основної електромережі.

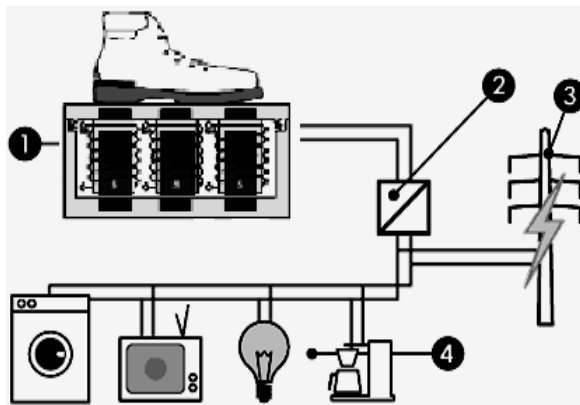


Рисунок 2.4 – Система поєднана з мережею на базі технології Pavegen Systems: 1 – натискні електрогенеруючі плитки, 2 – інвертор, 3 – електрична мережа, 4 – електричне навантаження

Використання відновлюваної енергії при наявності основної мережі електропостачання дозволяє уникнути багатьох, якщо не всіх, недоліків автономних систем. Мережа є великим акумулятором зі 100% коефіцієнтом корисної дії, який може прийняти всю надлишкову електроенергію. В такій системі вся енергія згенерована натискною електрогенеруючою плиткою буде використовуватися повністю. До переваг такої системи можна віднести той факт, що немає необхідності виробляти всю електроенергію за рахунок натискних модулів, а це означає, що ми не залежимо повністю від них, що робить систему поєднану з мережею більш практичною та гнучкою з точки зору електрозабезпечення.

Однак, відсутність резервного електропостачання є недоліком системи, що сполучена з мережею. Бо в такому випадку ми вже залежимо від основної електромережі і при аваріях, відключеннях обривах на лініях, ми не зможемо ні продавати надлишок електроенергії, ні забезпечити якісне електрозабезпечення споживачів. Тобто при аваріях в основній мережі порушується ефективність та надійність системи альтернативного електрозабезпечення в цілому.

На рисунку 2.5 показано автономно-мережеву систему альтернативного електрозабезпечення на базі технології Pavegen Systems. Така система

об'єднує в собі всі переваги автономної системи та системи з'єднаної з мережею про які йшла мова вище, а саме:

- повне використання електроенергії, виробленої натискними плитками Pavegen;
- незалежність від тимчасових відключень електромережі;
- економія коштів, за рахунок продажу «чистої» енергії в мережу;
- економія коштів, за рахунок меншої кількості акумуляторних батарей;
- надійне електропостачання.

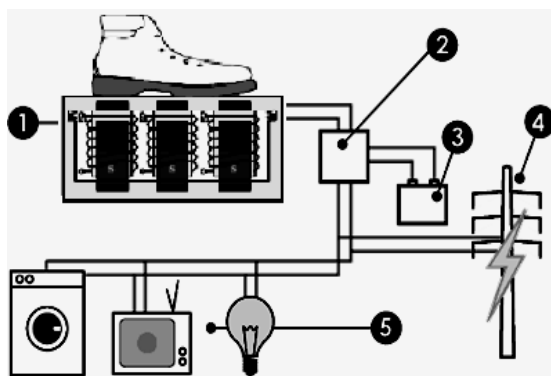


Рисунок 2.5 – Автономно-мережева система на базі технології Pavegen Systems: 1 – натискні електрогенеруючі плитки, 2 – гібридний інвертор, 3 – акумуляторні батареї, 4 – електрична мережа, 5 – електричне навантаження

Враховуючи той факт, що розроблювана нами система альтернативного електрозабезпечення має бути надійною та безвідмовною з точки зору енергозабезпечення електричних споживачів торгівельно-розважального комплексу, зупинимо свій вибір на автономно-мережевій системі, так як вона поєднує переваги двох інших варіантів реалізації та практично немає недоліків. До того ж, така система буде економічно доцільною, так як ми зможемо продавати надлишкову електроенергію в основну мережу, що, в свою чергу, зменшить її термін окупності та приносить додатковий дохід її власнику.

2.4 Розрахунок та вибір моделі інвертора. Реалізація підключення натискних плиток Pavegen Systems до обраного інвертора

Залежно від призначення і сфери використання, існує три основних типи інверторів. Щодо інверторів для натискних електрогенеруючих плиток Pavegen Systems, то їх тип визначається видом обраної схеми реалізації системи альтернативного електропостачання і може бути мережевим, автономним або гібридним.

Автономні інвертори використовуються для акумуляторних автономних систем альтернативного електропостачання і функціонують незалежно від зовнішніх мереж.

Мережеві інвертори працюють у зв'язку з основною електромережею. В таких системах альтернативного енергозабезпечення інвертори не лише перетворюють прямий струм на змінний, але й передають надлишки електроенергії до мережі.

Комбіновані або гібридні інвертори підходять для автономно-мережевих систем альтернативного електропостачання.

У попередньому підрозділі даного дипломного проєкту ми зупинили свій вибір на автономно-мережевому варіанті реалізації нашої ситсеми альтернативного електропостачання торгівельно-розважального комплексу із використанням технології Pavegen Systems. Тому і тип інвертора для наших цілей оберемо гібридний.

Тепер перейдемо до розрахунку самого інвертора та вибору його моделі. Для цього нам необхідно визначити загальну електричну потужність, яку споживає наш торгівельно-розважальний комплекс, що в свою чергу є непростим завданням, так як вона залежить від багатьох факторів, а саме: розміру всього приміщення комплексу, кількості орендарів, типу обладнання та інших факторів. Тому для її розрахунку візьмемо середньостатистичні дані споживання електроенергії для торгівельно-розважальних комплексів у Європі. Ці дані говорять про те, що середня потужність споживання в таких

комплексах становить близько 200 кВт·год на 1 м². В цей показник входить: освітлення, кондиціонування повітря, опалення, робота торговельного та розважального обладнання.

Отже, враховуючи вище зазначену інформації, розрахуємо середньостатистичну максимальну потужність споживання нашого комплексу:

$$P_{\text{сп.}} = S \cdot P_{\text{на 1 м}^2} \cdot \delta, \quad (2.6)$$

де:

$P_{\text{сп.}}$ – загальна середньостатистична максимальна потужність споживання електроенергії торговельно-розважальним комплексом, Вт·год.;

S – загальна площа приміщення торговельно-розважального комплексу, м²;

$P_{\text{на 1 м}^2}$ – середня потужність споживання електричного обладнання торговельно-розважального комплексу на 1 м², Вт·год;

δ – коефіцієнт неодноразовості роботи електрообладнання торговельно-розважального комплексу (його приймають рівним значенню від 10⁻³ до 10⁻⁵).

Оберемо значення $\delta = 10^{-3}$, тоді матимемо:

$$P_{\text{сп.}} = 3550 \cdot 200 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} = 710000 \text{ Вт} \cdot \text{год.}$$

Енергію постійного струму з урахуванням втрат інвертора можна визначити за формулою:

$$E_{\text{інверт.}} = \beta \cdot P_{\text{сп.тиж.}}, \quad (2.7)$$

де:

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

β – коефіцієнт втрати потужності гібридного інвертора, його приймають рівним значенню: $\beta = 1,2$;

$P_{\text{сп_тиж.}}$ – тижнева максимальна середньостатистична потужність споживання електроенергії торгівельно-розважальним комплексом, Вт·год.

Для проведення подальшого розрахунку, нам необхідно визначити тижнева максимальна середньостатистична потужність споживання електроенергії торгівельно-розважальним комплексом, для цього скористаємось виразом:

$$P_{\text{сп_тиж.}} = n_{\text{рд}} \cdot n_{\text{рг/доба}} \cdot P_{\text{сп.}}, \quad (2.8)$$

де:

$P_{\text{сп.}}$ – загальна середньостатистична максимальна потужність споживання електроенергії торгівельно-розважальним комплексом, Вт·год.;

$n_{\text{рд}}$ – кількість робочих днів торгівельно-розважального комплексу на тиждень, шт.;

$n_{\text{рг/доба}}$ – кількість робочих годин торгівельно-розважального комплексу на добу, год.

Отримаємо:

$$P_{\text{сп_тиж.}} = 7 \cdot 16 \cdot 710000 = 7952000 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 7952 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Тоді за виразом 2.7 будемо мати, що енергія постійного струму гібридного інвертора становить:

$$E_{\text{інверт.}} = 1,2 \cdot 7952000 = 9542400 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 9542,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Далі визначимо необхідну потужність самого інвертора:

$$P_{\text{інверт.}} = \frac{E_{\text{інверт.}}}{n_{\text{рг/доба}} \cdot n_{\text{рд_інв.}}}, \quad (2.9)$$

де:

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

$n_{\text{рг/доба}}$ – кількість робочих годин на добу гібридного інвертора, год.;

$n_{\text{рд.інв.}}$ – кількість робочих днів гібридного інвертора на тиждень, шт.

Отримаємо, що:

$$P_{\text{інверт.}} = \frac{9542400}{24 \cdot 7} = 56800 \text{ Вт} = 56,8 \text{ кВт.}$$

Отже оберемо гібридний трифазний інвертор компанії-виробника Solax PROSOLAX модель X3-AELIO-60K потужністю 60 кВт, який показано на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Гібридний інвертор компанії-виробника Solax PROSOLAX модель X3-AELIO-60K

Обраний інвертор має наступні технічні характеристиками:

- номінальна потужність: 60000 Вт;
- пікова потужність: 66000 Вт;
- максимальний вхідний струм: 40 А;
- максимальна вхідна напруга: до 1000 В;

- максимальний струм на виході: 100 А;
- вихідна напруга: 220 / 380 В;
- номінальна частота: 50 / 60 Гц.

Тепер визначимось із варіантом підключення натискних плиток Pavegen Systems до обраного нами гібридного інвертора Solax PROSOLAX. Для цього нам необхідно враховувати його технічні характеристики, а саме максимальний вхідний струм та максимальну вхідну напругу. З'єднувати натискні плитки між собою ми можемо послідовно або паралельно, однак при послідовному з'єднанні зростає загальна напруга з кожним підключеним елементом, а при паралельному – струм. Так як, розрахована кількість наших плиток Pavegen становить 1246 штук, то з'єднати їх тільки паралельно, або тільки послідовно – не вийде, бо таким чином ми можемо перевищити допустимий вхідний струм або допустиму вхідну напругу нашого інвертора. Тому доцільно буде використати комбіновану варіацію з'єднань натискних електрогенеруючих плиток між собою, а саме: розділити їх на секційні групи в рамках яких вони будуть з'єднані послідовно, а самі секційні групи об'єднати між собою паралельно.

В таблиці 2.1 даного розділу нашого дипломного проєкту вказано інформацію про напругу та вироблену потужність однієї натискної плитки Pavegen. Однак, для правильного підключення натискних плиток до інвертора необхідно знати ще й їх струм. Тому визначимо його за виразом, який наведено нижче:

$$I_{\text{плит.кв.}} = \frac{P_{\text{плит. кв. (крок)}}}{U_{\text{плит.кв.}}}, \quad (2.10)$$

де:

$I_{\text{плит.кв.}}$ – струм однієї натискної плитки Pavegen квадратної форми, А;

$P_{\text{плит. кв. (крок)}}$ – максимальна вироблена електрична потужність однієї натискної плитки Pavegen квадратної форми за одну годину роботи, Вт·год;

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$U_{\text{плит.кв.}}$ – напруга однієї натискної плитки Pavegen квадратної форми, В.

Отримаємо, що:

$$I_{\text{плит.кв.}} = \frac{8}{48} = 0,2 \text{ А.}$$

Тепер визначимо загальну кількість натискних плиток в одній секційній групі. При чому враховуємо, що в рамках секції всі елементи між собою будуть з'єднані послідовно, тобто струм всієї секції буде 0,2 А, а напруга кожного елемента буде додаватись, тому щоб не перевищити допустиму вхідну напругу інвертора використаємо вираз:

$$n_{\text{плит.кв.}(секція)} = \frac{U_{\text{вх.інв.}}}{U_{\text{плит.кв.}}}, \quad (2.11)$$

де:

$n_{\text{плит.кв.}(секція)}$ – загальна кількість натискних плиток Pavegen квадратної форми в рамках однієї секційної групи, шт.;

$U_{\text{вх.інв.}}$ – максимальна вхідна напруга інвертора Solax PROSOLAX моделі ХЗ-AELIO-60К, В;

$U_{\text{плит.кв.}}$ – напруга однієї натискної плитки Pavegen квадратної форми, В.

Матимемо:

$$n_{\text{плит.кв.}(секція)} = \frac{1000}{48} = 20,8 \text{ шт.}$$

Як бачимо вийшло не ціле значення, тому щоб не перевищити допустиму напругу інвертора приймаємо до встановлення в одній секційній групі 20 шт.

Тепер визначимо загальну кількість всіх секційних груп, які будуть з'єднані між собою паралельно:

$$n_{\text{секцій}} = \frac{n_{\text{плит. остат. квадрат.}}}{n_{\text{плит. кв. (секція)}}}, \quad (2.12)$$

де:

$n_{\text{секцій}}$ – загальна кількість секційних груп, які будуть підключені до обраного гібридного інвертора, шт.;

$n_{\text{плит. остат. квадрат.}}$ – кількість електрогенеруючих натискних плиток Pavegen квадратної форми прийнятої до встановлення, шт.;

$n_{\text{плит. кв. (секція)}}$ – загальна кількість натискних плиток Pavegen в рамках однієї секційної групи, шт.

Будемо мати, що:

$$n_{\text{секцій}} = \frac{1246}{20} \approx 62 \text{ шт.}$$

Тепер перевіримо, чи не перевищимо ми максимальне значення вхідного струму обраного гібридного інвертора (він становить 40 А) за виразом:

$$I_{\text{секції}} = n_{\text{секцій}} \cdot I_{\text{плит. кв.}}, \quad (2.13)$$

$$I_{\text{вх. інв.}} \geq I_{\text{секції}}.$$

де:

$I_{\text{секції}}$ – загальний струм всіх паралельно з'єднаних секцій, А;

$I_{\text{вх. інв.}}$ – максимальний вхідний струм інвертора, А;

$n_{\text{секцій}}$ – загальна кількість секційних груп, які будуть підключені до обраного гібридного інвертора, шт.;

$I_{\text{плит.кв.}}$ – струм однієї натискної плитки Pavegen квадратної форми, А.

Отже, отримаємо:

$$I_{\text{секції}} = 62 \cdot 0,2 = 12,4 \text{ А} ;$$

$$40 \text{ А} \geq 12,4 \text{ А} .$$

Як бачимо, умова за виразом 2.13 виконана – загальний всіх наших секцій, які з'єднані між собою паралельно не перевищує вхідний струм обраного нами інвертора.

Після проведеного вище розрахунку слід зазначити, що вибір гібридного інвертора і обрана варіація підключення натискних електрогенеруючих плит Pavegen у відповідності до правил послідовного та паралельного з'єднання елементів, внесли певні корективи в розраховану та обрану раніше загальну кількість натискних плит. Тобто при підключенні плит до інвертора в кожній секційній групі має бути однакова кількість елементів, щоб забезпечити між секціями однакову напругу при загальному їх підключенні до інвертора, тому враховуючи цей фактор загальна кількість натискних електрогенеруючих плиток підключених до інвертора становитиме:

$$n_{\text{плит.остат.кв.}(інв.)} = n_{\text{секцій}} \cdot n_{\text{плит.кв.}(секція)} , \quad (2.14)$$

де:

$n_{\text{плит.остат.кв.}(інв.)}$ – загальна кількість всіх натискних електрогенеруючих плиток Pavegen квадратної форми підключених до інвертора, шт.

Отримаємо:

$$n_{\text{плит.остат.кв.}(инв.)} = 62 \cdot 20 = 1240 \text{ шт.}$$

Як бачимо, розрахована раніше за виразом 2.2 кількість натискних плиток Pavegen обраної квадратної форми, враховуючи фактори та особливості їхнього підключення до інвертора, зменшилась із 1246 шт. до 1240 шт., що вносить не суттєві зміни з точки зору генерації електричної енергії, так як різниця становить лише 6 шт.

2.5 Розрахунок кількості та вибір типу акумуляторних батарей

Акумуляторні батареї використовуються як багаторазові джерела електроенергії. Їхня особливість полягає в тому, що після повного заряджання вони можуть використовуватися протягом певної кількості робочих годин, які встановлені компанією-виробником. Якщо ж батареї розряджені, то їх можна легко зарядити за допомогою спеціального зарядного пристрою, а у нашому випадку, оскільки тип інвертора, який ми обрали є гібридним, то такий пристрій вже міститься в його будові. Час заряду залежить від параметрів джерела електроенергії, а кількість циклів заряджання та розряджання залежить від типу і особливостей самих акумуляторних батарей.

Ємність акумуляторної батареї визначає тривалість її здатності жити споживач і забезпечувати його автономну роботу при певному навантаженні. Це максимальна кількість електричної енергії, яку батарея може накопичити за один повний цикл заряду. Ємність впливає на вартість батареї, її сферу застосування та термін служби. Одиниця виміру ємності акумуляторної батареї – ампер-година (А·год) або міліампер-година (мА·год) для акумуляторів великої ємності.

Щоб визначити необхідну ємність акумуляторних батарей для нашої системи альтернативного електрозабезпечення торгівельно-розважального комплексу, використаємо наступний вираз:

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
						49
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{AB_заг.} = \frac{P_{сп.} \cdot t}{U \cdot k}, \quad (2.15)$$

де:

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

$P_{сп.}$ – загальна середньостатистична максимальна потужність споживання електроенергії торгівельно-розважальним комплексом, Вт·год.;

t – час роботи акумуляторних батарей, год.;

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

U – напруга акумуляторних батарей, В.

Значення коефіцієнта k , що компенсує неповний заряд батареї, часто обирають рівним 0,95 або 95%. Час роботи акумуляторних батарей резервного живлення приймаємо: $t = 3$ год., а напруга акумуляторних батарей обираємо рівною значенню 48 В. Тоді за виразом 2.15 будемо мати:

$$C_{AB \text{ заг.}} = \frac{710000 \cdot 3}{48 \cdot 0,95} = 46711 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

На українському ринку доступний широкий вибір акумуляторних батарей з різними ціновими категоріями залежно від ємності. В нашому випадку ключову роль відіграє ціна і надійність. Тому, на мою думку, доцільно обрати акумуляторні батареї з ємністю порядку 300 А·год. – це і не маленький і не надто високий показник, а тому акумуляторні батареї обійдуться вразі дешевше, ніж при виборі більш високої ємності та займатимуть менше місця, ніж акумулятори з більш малою ємністю.

Для реалізації нашої системи альтернативного електропостачання можна використати наступні типи акумуляторних батарей:

- стартерні (автомобільні);
- AGM (герметичні);
- Gel (герметичні гелеві);

- OPzS (залиті з намазаними пластинами).

Використання стартерних акумуляторних батарей у системах альтернативного електропостачання може бути виправдане лише у випадках, коли вони постійно знаходяться під контролем обслуговуючого персоналу. Необхідно постійно стежити за рівнем електроліту, його щільністю, зарядом акумуляторної батареї тощо. До того ж, для експлуатації таких батарей потрібне окреме та добре вентильоване приміщення. Ще одним недоліком стартерних акумуляторних батарей є втрата певної частини електроенергії через саморозряд. Термін експлуатації стартерних акумуляторів становить близько 3-х років. Перевагою стартерних акумуляторних батарей є їх відносно невисока вартість порівняно з іншими типами акумуляторів.

Акумуляторні батареї AGM (Absorbent Glass Mat) або Gel (Gel Electrolite) – термін їхньої експлуатації становить близько 20 років. Такі акумуляторні батареї працюють за принципом, схожим на стартерні акумулятори, однак вони спеціально спроектовані для експлуатації в системах автономного або резервного електропостачання. Вони мають дуже низьке виділення газу та не вимагають постійного контролю під час експлуатації.

Головною технічною особливістю акумуляторних батарей типу AGM є можливість роботи в режимі глибокого розряду, тобто такий тип акумуляторів може віддавати електричну енергію протягом тривалого часу (години або навіть добу) до стану, коли запас електроенергії впаде до 20-30 % від початкового значення. Після заряджання такі акумулятори майже повністю відновлюють свою робочу ємність. Сучасні AGM акумулятори витримують понад 600 циклів глибокої розрядки. Також вони мають низький струм саморозряду, тобто такі батареї можуть тривалий час зберігати заряд у вимкненому стані.

Попри всі свої переваги, акумулятори типу AGM поступаються за характеристиками акумуляторам, виготовленим за технологією GEL. Гелеві акумулятори відрізняються тим, що у рідкий електроліт додається речовина

на основі двоокису кремнію (SiO_2), утворюючи густу масу, яка нагадує гель або желе. Цією масою заповнений простір між електродами всередині акумуляторної батареї. В процесі хімічної реакції в товщі електроліту виникають численні газові бульбашки, в яких і відбувається взаємодія між молекулами водню і кисню, тобто газова рекомбінація.

На відміну від AGM акумуляторів, гелеві акумулятори ще краще відновлюються після глибокого розряду. Вони витримують понад 1000 циклів глибокого розряду без суттєвої втрати номінальної ємності і мають довший термін експлуатації, ніж AGM акумулятори. Однак такі акумулятори значно дорожчі за стартерні та AGM акумулятори.

Однією з основних переваг гелевих акумуляторів порівняно з AGM є менша втрата ємності при зниженні температури навколишнього середовища. До недоліків гелевих акумуляторів можна віднести необхідність суворого дотримання режиму заряджання.

Отже, гелеві акумулятори варто використовувати там, де потрібен довший термін служби при глибоких розрядах і де температура опускається нижче 5°C .

AGM акумулятори ідеально підходять для роботи в "буферному режимі" як резервний варіант при нечастих перебоях в електропостачанні від основної мережі. У випадку занадто частого використання зменшується їх термін служби.

На ринку України також можна знайти акумулятори, виготовлені за технологією OPzS, спеціально розроблені для важких циклічних режимів. Ці акумулятори створені для використання в автономних системах електропостачання. Вони мають знижене виділення газу і витримують багато циклів заряду/розряду до 70 % від номінальної ємності без пошкоджень і значного скорочення терміну служби. Однак ці акумулятори досить дорогі порівняно з AGM і GEL акумуляторами.

Отже, для реалізації завдання, поставленого в даному дипломному проєкті, оберемо гелеві акумуляторні батареї моделі LPM-GL від компанії-виробника LogicPower з напругою 48 В та ємністю 300 А·год. (див. рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Акумуляторна батарея LPM-GL-48 В-300 А·год

Щоб визначити потрібну кількість акумуляторних батарей обраної моделі, скористаємося виразом:

$$n_{AB} = \frac{C_{AB \text{ заг.}}}{C_{AB}}, \quad (2.16)$$

де:

n_{AB} – кількість акумуляторних батарей, шт.;

$C_{AB \text{ заг.}}$ – загальна ємність акумуляторних батарей, А·год.;

C_{AB} – ємність обраної акумуляторної батареї, А·год.

Отже, будемо мати, що:

$$n_{AB} = \frac{46711}{300} = 155 \text{ шт.}$$

Аналогічно до натискних генеруючи плиток нам необхідно теж правильно підключити акумуляторні батареї до інвертора. Тому оберемо паралельне підключення всіх 155 акумуляторних батарей між собою. Таким

чином ми збільшимо загальну ємність акумуляторного блоку, а також вкладемося в рамки допустимої вхідної напруги інвертора.

2.6 Вибір пристрою автоматичного введення резерву

Автоматичний ввід резерву (АВР) – це пристрій, що забезпечує автоматичне перемикання живлення навантаження між двома або трьома джерелами електроенергії у разі виходу вхідної напруги за допустимі межі. Контролер АВР здійснює моніторинг стану поточної електромережі та у випадку несправностей дає команди комутаційним елементам для перенаправлення живлення.

Автоматичні схеми введення резерву використовують різноманітні реле, контролери АВР, перемикачі, а також панелі для індикації та управління. Збої в роботі електромережі можуть створювати не лише тимчасові незручності для споживачів, але й стати причиною серйозніших проблем. Системи АВР часто оснащуються світловою та звуковою сигналізацією, а також інтегруються з приладами для обліку, розподілу електроенергії та моніторингу навантаження й параметрів електроживлення.

Сучасні системи АВР можуть працювати в одному чи кількох режимах:

- **ручний режим:** використовується під час пусконаладжувальних робіт, коли перемикання між джерелами живлення здійснюється вручну за допомогою кнопок "Пуск" та "Стоп" на панелі управління АВР;
- **автоматичний режим:** забезпечує автоматичне перемикання між джерелами енергії при зникненні або відновленні живлення. Управління виконується контролером;
- **напіваавтоматичний режим:** перехід на резервне джерело живлення виконується через логічну схему АВР, а повернення на основне джерело здійснює оператор вручну.

Ці режими дозволяють адаптувати АВР під різноманітні потреби та умови експлуатації.

Сьогодні ринок пропонує безліч варіантів пристроїв автоматичного включення резерву від різних виробників. Єдиним критерієм для вибору пристрою АВР у нашому випадку є номінальна потужність, яку здатна виробляти наша система резервного живлення на базі технології натискних плит Pavegen. Раніше (за виразом 2.4) ми визначили максимальну можливу загальну електричну потужність, яку зможе виробляти прийнята до встановлення кількість квадратних електрогенеруючих натискних плиток Pavegen, вона становить 717696 Вт·год або 717,696 кВт·год. Тобто вибір АВР має відповідати рівності:

$$P_{\text{ABP_ном.}} \geq \sum P_{\text{плит. кв. (год.)}} , \quad (2.17)$$

де:

$P_{\text{ABP_ном.}}$ – максимальна потужність пристрій АВР, Вт;

$\sum P_{\text{плит. кв. (год.)}}$ – загальна електрична потужність, яку зможе виробляти прийнята до встановлення кількість квадратних електрогенеруючих натискних плиток Pavegen, Вт·год.

Отже враховуючи рівність 2.17 оберемо для реалізації поставленої задачі в даному дипломному проєкті пристрій АВР компанії-виробника CNC Electric, модель YCQ2CB-800 4P номінальною потужністю 800 кВт, який зображено на рисунку 2.8 та буде змонтований у спеціальному щиті АВР, а його технічні характеристики наступні:

- фазність мережі: трьохфазний / однофазний;
- максимальна потужність системи резервного живлення: 800 кВт;
- номінальна частота мережі: 50 Гц;
- напруга мережі: 220 /380 В;
- ступінь захисту: IP 54;

- режими запуску: авто / ручний.



Рисунок 2.8 – Пристрій АВР компанії-виробника CNC Electric, модель YCQ2CB-800 4P

2.7 Вибір лічильників обліку електричної енергії

Для обліку спожитої та виробленої електроенергії в системі альтернативного енергозабезпечення торгівельно-розважального комплексу на базі технології Pavegen Systems потрібно встановити електrolічильник. Тип лічильника обиратимемо на основі аналізу даних таблиці 2.2, де порівнюються індукційні та електронні моделі.

Таблиця 2.2 – Порівняння індукційних та електронних лічильників

ІНДУКЦІЙНІ ЛІЧІЛЬНИКИ	ЕЛЕКТРОННІ ЛІЧІЛЬНИКИ
Переваги:	Переваги:
1	2
1. низька вартість; 2. надійність та довговічність; 3. безвідмовна робота із заданою точністю протягом кількох десятків років.	1. високий клас точності (0,2-0,5%); 2. збереження точності в умовах низьких і швидкозмінних навантажень; 3. багатотарифність; 4. можливість тривалого зберігання даних обліку; 5. можливість фіксації несанкціонованого доступу і випадків розкрадання електроенергії; 6. можливість дистанційного знімання показників; 7. можливість використання АСКОЕ; можливість обліку різних видів енергії одним приладом.

Продовження таблиці 2.2

1	2
Недоліки:	Недоліки:
1. низький клас точності (не більше 2,0%); 2. зростання похибки виміру при зниженні навантаження; 3. порушення метрологічних характеристик при швидкозмінному навантаженні; 4. порушення метрологічних характеристик при несинусоїдному струмі; 5. слабкий захист від традиційних методів розкрадання електроенергії; 6. обмежені можливості дистанційного знімання даних; підвищене власне енергоспоживання.	1. висока вартість; 2. незахищеність від комутаційних і грозових перепадів напруги.

Таким чином, спираючись на дані таблиці 2.2 та враховуючи переваги й недоліки електронних і індукційних лічильників, а також специфіку розроблюваної нами системи альтернативного енергозабезпечення торгівельно-розважального комплексу, зупинимо свій вибір на електронному лічильнику. Серед представлених на українському ринку моделей, за критерієм «ціна/якість», вибір зроблено на користь моделі АСЕ6000. Цей лічильник є трифазним, багатотарифним, з класом точності 1.05/100 А і відповідає попиту на енергетичному ринку України. Зображення лічильника наведено на рисунку 2.9.



Рисунок 2.9 – Лічильник електронного типу, модель АСЕ6000

2.8 Вибір кабелів з'єднання

Щоб система альтернативного електропостачання торгівельно-розважального комплексу на базі натискних електрогенеруючих плиток Pavegen працювала надійно, необхідно правильно обрати кабелі для з'єднання як самих плиток, так і їхніх груп із інверторами, акумуляторами та іншими елементами розроблюваної системи.

Одним із ключових чинників є правильний вибір матеріалу провідника. Мідь переважає алюміній завдяки високій провідності та стійкості до корозії. Алюміній, у порівнянні з міддю, має меншу міцність і може ламатися при багаторазових згинах. До того ж, алюміній швидко окислюється на повітрі, утворюючи окисну плівку, яка погано проводить струм і ускладнює створення надійного контакту. Зважаючи на це, мідь є оптимальним вибором для провідників.

Для з'єднання всіх натискних електрогенеруючих плиток у рамках секційної групи будемо використовувати мідний кабель RO-PVC400 (див. рис. 2.10), широко розповсюджений на українському ринку. Його особливістю є відповідність європейським стандартам і спеціальне проектування для систем альтернативного електропостачання. Основні технічні характеристики кабелю RO-PVC400 такі:

- тип: ізолюваний;
- застосування: системи альтернативного електропостачання;
- переріз: 4 мм²;
- вид ізоляції: зшитий поліетилен;
- захист від ультрафіолетових променів;
- термін служби: понад 25 років;
- висока термічна стійкість;
- можливість використання при температурі від -40°C до +125°C;
- високий рівень захисту від забруднень;
- покращена електропровідність;

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

- висока механічна міцність та еластичність.



Рисунок 2.10 – Кабель RO-PVC400

Для паралельного з'єднання секційних груп натискних плиток та їхнього зв'язку з інвертором використовуватиметься силовий кабель ВВГнг 2х2,5, а для підключення акумуляторів до інвертора – ВВГнг 2х1,5. Головною особливістю цих кабелів є негорюча оболонка, яка значно підвищує електробезпеку. Силовий кабель ВВГнг (див. рис. 2.11), призначений для передачі та розподілу електроенергії в стаціонарних умовах із напругою до 1 кВ, здатний функціонувати в умовах від -50°C до +50°C при вологості до 98%. Його провідник виготовлено з м'якого мідного дроту, який у випадку перерізу понад 15 мм² є багатодротяним. Кабель підходить для прокладання як у сухих, так і вологих приміщеннях, на відкритому повітрі, а також на спеціальних естакадах чи в блоках.



Рисунок 2.11 – Силовий кабель марки ВВГнг

За технічними параметрами кабель, який з'єднує інвертор та лічильник обліку електричної енергії, повинен пропускати струм $\approx 200\text{А}$. Даним вимогам відповідає кабель марки ВВГнг 1х35.

3 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ

3.1 Розрахунок капітальних затрат

У цьому дипломному проєкті була спроектована система альтернативного електрозабезпечення торгівельно-розважального комплексу на базі енергогенеруючої плитки Pavegen Systems. Завдання, визначені в цьому розділі, включають аналіз капітальних і експлуатаційних витрат, пов'язаних із впровадженням цієї системи, а також розрахунок терміну її окупності. Це дозволяє визначити економічну доцільність розробленої системи. Особливу увагу приділено не лише вартості обладнання, але й витратам на обслуговування її компонентів протягом 15 років експлуатації. Витрати на обслуговування елементів системи оцінюються на рівні 1% від загальної вартості обладнання.

Під час виконання кошторисного аналізу ключовим завданням є обчислення загальної річної вартості розробленої нами системи альтернативного енергопостачання (TAC – Total Annualized Cost) за допомогою відповідного виразу:

$$TAC = \frac{TLCC}{CPWF}, \quad (3.1)$$

де:

TLCC (Total Life Cycle Cost) – Сукупна вартість спроектованої системи альтернативного електрозабезпечення за весь період її використання, грн;
CPWF (Cumulative Present Worth Factor) – комплексний чинник реальної вартості розробленої системи альтернативного електрозабезпечення, грн.

					ДП.141.042.020.ПЗ					
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Ільєнко Є. Д.			3 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір		Антипчук Б.О.						У	60	77
								ЖАТФК, Гр. Е-42		
Н. Контр.		Антипчук Б.О.								
Затв.		Лавріщев О.О.								

Капітальні витрати – це фінансові ресурси, спрямовані на створення та придбання основних засобів та нематеріальних активів, що підлягають амортизації. Вони відіграють важливу роль у визначенні економічної ефективності розробленої системи. У таблиці 3.1 наведено перелік усіх капітальних витрат, необхідних для реалізації системи, створеної в межах цього дипломного проєкту.

Таблиця 3.1 – Витрати на капітальні інвестиції в розроблену систему

№	Назва технічних матеріалів	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
1	Електрогенеруюча плитка Pavegen Systems (квадратної форми)	1240	4140	5133600
2	Гібридний інвертор Solax PROSOLAX модель X3-AELIO-60K	1	300000	300000
3	Акумуляторна батарея LPM-GL-48 В-300 А·год	155	195000	3022500
4	Пристрій ABP CNC Electric, модель YCQ2CB-800 4P	1	85000	85000
5	Електронний лічильник ACE6000	1	15000	15000
6	Розхідні матеріали та кабелі	-----	30000	30000
Разом:				8586100

Вартість проведення монтажних і налагоджувальних робіт визначатиметься за допомогою відповідного виразу:

$$K_{MH} = \sum (C_i \cdot a \cdot t_i) \cdot K_D \cdot K_{CM} \cdot K_{PP}, \quad (3.2)$$

де:

C_i – кількість працівників i -го розряду, які потрібні для виконання визначеного обсягу монтажних (налагоджувальних) робіт;

a – погодинна оплата праці робітника i -го розряду, грн.;

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

$K_D = 1,1 \dots 1,5$ – коефіцієнт, що враховує розмір додаткових виплат;

$K_{CM} = 1,22$ – коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні програми;

$K_{PP} = 1,1 \dots 1,5$ – коефіцієнт, який враховує додаткові витрати на виконання монтажних (налагоджувальних) робіт.

Вартість виконання монтажних і налагоджувальних робіт буде визначена на основі основних договірних цін і тарифів компанії «Sanlarix», яка спеціалізується на встановленні систем альтернативного електропостачання для дому та бізнесу. Згідно з інформаційним листом компанії «Sanlarix», погодинна ставка їхніх працівників складає 135,8 грн., а тривалість робіт, необхідних для встановлення розробленої системи, варіюється від 24 до 36 годин. Таким чином, відповідно до виразу 3.2, ми отримаємо:

$$K_{MH} = (4 \cdot 135,8 \cdot 36) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,5 = 39364,6 \text{ грн.}$$

Вартість транспортування визначається на основі тарифів компанії вантажних перевезень «eLogist», враховуючи вагу вантажу та відстань до складів постачальника. Згідно з розрахунками перевізника, доставка дванадцяти вантажних місць із загальною вагою до двох тонн складе 15000 гривень.

Таким чином, наступним етапом буде визначення капітальних витрат розробленої системи за допомогою формули:

$$K = K_{OB} + K_{TP} + K_{MH} , \quad (3.3)$$

де:

K_{OB} – ціна обладнання за результатами витрат (без урахування ПДВ), грн;

K_{TP} – транспортні, заготівельні та складські витрати, грн;

K_{MH} – витрати на монтажні та налагоджувальні роботи, грн.

Матимемо:

$$K = 8586100 + 39364,6 + 15000 = 8640464,6 \text{ грн.}$$

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Таким чином, загальні капітальні витрати на реалізацію розробленої нами системи альтернативного електрозабезпечення торгівельно-розважального комплексу на базі енергогенеруючої плитки Pavegen Systems становитимуть 8640464,6 грн.

3.2 Обчислення витрат на експлуатацію проєкту

Витрати на експлуатацію та обслуговування розробленої системи в нашому проєкті за визначений період, виражені у фінансовому вимірі, називаються експлуатаційними витратами. Основними складовими таких витрат для електротехнічного обладнання та енергетичних мереж є: амортизаційні відрахування (C_a), витрати на спожиту електроенергію (C_e), заробітна плата обслуговуючого персоналу з внесками на соціальні потреби (C_z), витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання (C_T), а також інші витрати ($C_{ін}$). Отже, річні експлуатаційні витрати для проєктованої системи становлять:

$$C = C_a + C_e + C_z + C_T + C_{ін} . \quad (3.4)$$

Спроектована нами система альтернативного електрозабезпечення торгівельно-розважального комплексу на базі енергогенеруючої плитки Pavegen Systems є повністю автономною, тому не вимагає постійної присутності оператора або обслуговуючого персоналу. Усі планові обслуговування виконуватимуться електричною службою комплексу, тому додаткові витрати на обслуговування (C_z) та інвестиційні витрати ($C_{ін}$) будуть відсутні та приймаються рівними нулю.

Амортизаційні відрахування системи визначаються з урахуванням строку її експлуатації, передбачених економічних вигод, технічних особливостей основної системи, рівня фізичного зносу та інших чинників, що можуть впливати на її використання. Термін ефективного функціонування

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

встановленого обладнання складає 15 років. При прямолінійному методі норма амортизації залишається незмінною протягом усього періоду амортизації і становить:

$$H_a = \frac{K}{K \cdot T_n} \cdot 100\%, \quad (3.5)$$

де:

T_n – строк амортизації спроектованої системи, років;

K – капітальні витрати спроектованої системи, грн.

Таким чином, норма амортизації нашої системи альтернативного живлення складатиме:

$$H_a = \frac{8640464,6}{8640464,6 \cdot 15} \cdot 100\% = 6,7 \, \% .$$

Наступним кроком обчислимо суму річних амортизаційних відрахувань за формулою:

$$C_a = \frac{K \cdot H_a}{100}, \quad (3.6)$$

де:

H_a – норма амортизації, %.

Отримаємо:

$$C_a = \frac{8640464,6 \cdot 6,7}{100} = 578911,1 \text{ грн.}$$

Для розрахунку щорічних витрат на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання розробленої нами системи необхідно врахувати

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

витрати на матеріали, запасні частини та оплату праці ремонтного персоналу. Ці витрати оцінюються приблизно у 1% від загального обсягу капітальних вкладень.

$$C_T = 0,01 \cdot K . \quad (3.7)$$

Отримаємо:

$$C_T = 0,01 \cdot 8640464,6 = 86404,6 \text{ грн.}$$

Розрахунок річних експлуатаційних витрат для спроектованої нами системи проведемо за виразом 3.4, вони становлять:

$$C = 578911,1 + 0 + 0 + 86404,6 = 665315,7 \text{ грн.}$$

3.3 Розрахунок терміну окупності розробленої систем

Сьогодні впровадження систем електропостачання, що використовують нетрадиційні джерела енергії, потребує значних інвестицій, однак їхнє обслуговування є менш енергоємним. Відтак, основними витратами, які необхідно буде відшкодувати, є капітальні витрати.

Система альтернативного живлення, яку ми спроектували та розробили, має автономно-мережеву структуру. Це означає, що енергія, вироблена системою, використовуватиметься для живлення електричних споживачів торгівельно-розважального комплексу , частина її піде на зарядку акумуляторних батарей, а у випадку надлишку може бути передана в міську електромережу.

Згідно із Законом України №514-VIII від 04.06.2015 року та постановою НКРЕКП №725 від 25.03.2020 року, встановлено наступні ставки

					ДП.141.042.020.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

«зеленого» тарифу: з 1 січня 2023 року по 31 грудня 2024 року ставка становить 0,163 євро або 6,81 гривні.

Визначимо річний обсяг вироблення електроенергії нашою системою альтернативного енергозабезпечення за допомогою виразу:

$$W = n_{\text{плит.остат.кв. (інв.)}} \cdot P_{\text{плит. кв. (год.)}} \cdot t \cdot m \cdot \rho, \quad (3.8)$$

де:

W – річний обсяг виробництва електроенергії розробленою системою альтернативного енергозабезпечення торгівельно-розважального комплексу на базі енергогенеруючої плитки Pavegen Systems, кВт·год;

$n_{\text{плит.остат.кв. (інв.)}}$ – загальна кількість всіх натискних електрогенеруючих плиток Pavegen квадратної форми підключених до інвертора, шт.

$P_{\text{плит. кв. (год.)}}$ – мінімальна вироблена електрична потужність однієї натискної плитки Pavegen квадратної форми за одну годину роботи, кВт·год;

t – кількість ефективних робочих годин на добу системи альтернативного енергозабезпечення торгівельно-розважального комплексу на базі енергогенеруючої плитки Pavegen Systems, год.;

m – кількість робочих днів розробленої системи на тиждень, шт.;

ρ – кількість тижнів в році, шт.

Як говорилося в розділі 2 даного дипломного проєкту електрогенеруюча плитка Pavegen Systems здатна виробляти 4-8 Вт електроенергії за крок. Тому максимально можлива кількість електроенергії за одну годину була розрахована за виразом 2.3 та становила 57600 Вт·год. Але кількість кроків які будуть зроблені за годину в нашому торгівельно розважальному комплексі завдання важке та залежить від великої кількості факторів. Тому при розрахунку терміну окупності приймемо значення виробленої потужності однією плиткою рівне 1000 Вт·год.

Отримаємо:

$$W = 1240 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 7 \cdot 52 = 7221760 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Отже, річний дохід, отриманий завдяки впровадженню нашої системи альтернативного енергозабезпечення становитиме:

$$Y_{\text{розробленої системи}} = 6,81 \text{ грн} \cdot W, \quad (3.9)$$

де:

$Y_{\text{розробленої системи}}$ – щорічний дохід від експлуатації розробленої системи альтернативного енергозабезпечення торгівельно-розважального комплексу на базі енергогенеруючої плитки Pavegen Systems, грн.

Отримаємо:

$$Y_{\text{розробленої системи}} = 6,81 \cdot 7221760 = 49180185,6 \text{ грн.}$$

Далі визначимо термін окупності нашої розробленої системи за виразом:

$$T_{\text{резервне живлення}} = \frac{K}{Y_{\text{розробленої системи}}}, \quad (3.10)$$

Матимемо, що:

$$T_{\text{резервне живлення}} = \frac{8640464,6}{49180185,6} = 0,2 \text{ роки.}$$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Надання допомоги при ураженні електричним струмом під час роботи з електричним обладнанням

Надання першої допомоги при ураженні електричним струмом є надзвичайно важливим, оскільки невірні дії можуть мати серйозні наслідки як для потерпілого, так і для того, хто надає допомогу.

Перед тим як наблизитися до постраждалого, важливо впевнитися, що ви не опиняєтеся в небезпеці.

Перед тим як приступити до надання допомоги потерпілому, слід терміново вимкнути електрообладнання або джерело живлення, вимкнувши рубильник, автоматичний вимикач або витягнувши штепсель із розетки. Якщо це зробити неможливо, тоді відтягуємо потерпілого від струмоведучих частин, використовуючи ізоляційні матеріали, такі як суха палиця, гумові рукавички або сухий одяг. Не можна використовувати металеві або вологі предмети.

Далі потрібно упевнитись, що ви не доторкаєтеся до оголених проводів або будь-яких металевих предметів, здатних проводити електрику.

Надалі оцінюємо стан постраждалого: перевіряємо, чи є у нього свідомість, дихання та пульс. Потім необхідно негайно звернутися за медичною допомогою, навіть якщо постраждалий виглядає в порядку. Ураження електричним струмом можуть мати віддалені наслідки.

Медиків необхідно повідомити про стан потерпілого та можливий рівень напруги струму.

Якщо постраждалий непритомний, але дихає, покладіть його у стабільне бокове положення. Якщо у постраждалого відсутні пульс або

					ДП.141.042.020.ПЗ				
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Льєнко Є. Д.			4 ОХОРОНА ПРАЦІ				
Перевір		Антипчук Б.О.							
Н. Контр.		Антипчук Б.О.							
Затв.		Лавріщев О.О.							
					Лім.	Арк.	Аркушів		
					у		68	77	
					ЖАТФК, Гр. Е-42				

дихання, терміново розпочинаємо серцево-легеневу реанімацію (30 компресій на грудну клітку + 2 вдихи). Виконуємо натискання на грудну клітку та штучне дихання до прибуття медичних працівників.

Якщо ж постраждалий у свідомості, то допомагаємо йому, перш за все, заспокоїтись. Потім перевіряємо чи є опіки на шкірі. У разі опіків від електричного струму охолоджуємо уражену ділянку прохолодною водою та накладасмо стерильну пов'язку.

Якщо людина відчуває біль у грудях або запаморочення, це може бути ознакою серйозних ускладнень.

Удар електричним струмом може викликати шок, тому кладемо постраждалого на спину, піднявши ноги, і накриваємо його ковдрою.

Якщо травма сталася на висоті, постраждалий міг отримати ушкодження під час падіння – не переміщуйте його без нагальної потреби.

При тривалому контакті зі струмом (наприклад, при ураженні високовольтними лініями) може статися зупинка серця. У цьому випадку негайно розпочинаємо реанімаційні заходи.

Отже, під час надання першої допомоги потерпілому при ураженні електричним струмом важливо пам'ятати: не торкатися потерпілого, допоки не буде вимкнено джерело струму; не використовувати воду для гасіння електрообладнання, що горить; не намагатися самостійно лікувати серйозні опіки або травми; при напрузі понад 1000 В (високовольтні лінії), не можна підходити до постраждалого ближче ніж на 8 метрів, поки не буде відключене живлення фахівцями.

4.2 Пожежна безпека під час роботи з акумуляторними батареями та гібридними інверторами

Акумуляторні батареї, незважаючи на свою практичність, можуть бути серйозною загрозою виникнення пожежі, якщо їх неправильно використовувати. Ось основні правила пожежної безпеки при роботі з ними.

Загальні правила стосуються пошкоджень, зберігання, контактів, використання та утилізації акумуляторних батарей.

Загальні правила:

- уникати падінь, ударів, проколів або деформацій батарей;
- не розбирати, не стискати та не підпалювати батареї.

Правила зберігання:

- зберігати батареї в сухому, прохолодному місці, подалі від прямих сонячних променів і джерел тепла;
- не зберігайте батареї поблизу легкозаймистих матеріалів;
- якщо батарея не буде використовуватися протягом тривалого часу, рекомендується зберігати її в частково зарядженому стані.

Необхідно уникати дотику металевих предметів до контактів батареї, щоб уникнути короткого замикання. Переконайтеся, що контакти батареї чисті та не мають пошкоджень.

Правила використання:

- користуйтеся тільки зарядними пристроями, які рекомендує виробник;
- не можна залишати акумулятори без нагляду під час процесу заряджання;
- не заряджати акумулятори, які мають пошкодження;
- уникати використання акумуляторів, що перегріваються, деформуються або мають ознаки витoku.

Правила утилізації:

- не викидати батареї в загальний смітник;
- здавати їх у спеціалізовані пункти збору.

Літієво-іонні батареї мають ряд особливостей: вони чутливі до пошкоджень і перегріву; при пошкодженні можуть загорітися або вибухнути; їх не можна перезаряджати.

--	--	--	--	--

Якщо ж таки батарея загорілася, то потрібно використовувати вогнегасник, призначений для гасіння електричних пожеж (клас D). Якщо є змога, то відключити джерело живлення. У разі великої пожежі негайно викликати пожежну службу.

Щоб уникати пожеж при роботі з акумуляторними батареями необхідно:

- регулярно перевіряти їх стан та стан зарядних пристроїв;
- дотримуватись інструкцій виробника;
- при роботі з великою кількістю акумуляторних батарей, варто обладнати приміщення системами вентиляції та пожежогасіння.

Слідуючи вище перерахованим рекомендаціям, можна зменшити ймовірність виникнення пожежі, пов'язаної з акумуляторними батареями.

Гібридні інвертори, як і будь-яке інше електричне обладнання, вимагають дотримання правил пожежної безпеки. Ось ключові моменти, на які слід звернути увагу: по-перше, це правильний їх монтаж та встановлення.

Інвертор генерує тепло під час експлуатації, тому важливо забезпечити належну вентиляцію. Розміщувати інвертор треба у добре провітрюваному просторі, далеко від легкозаймистих матеріалів. Слід дотримуватись рекомендованих виробником відстаней від стін та інших об'єктів.

Використовують зазвичай кабелі з відповідним перерізом, які розраховані на потужність інвертора. Необхідно переконатися, що всі з'єднання надійні та добре закріплені. Обов'язково встановлюються автоматичні вимикачі та запобіжники для захисту від перевантажень і коротких замикань. Монтаж має виконуватися кваліфікованими спеціалістами.

Обов'язково слід виконати заземлення інвертора відповідно до вимог електробезпеки.

Регулярно потрібно оглядати інвертор, кабелі та з'єднання. Уважно стежити за ознаками перегріву, пошкодження ізоляції або появи іскр.

Не можна допускати накопичення пилу. Систематично прибирати пил і бруд з інвертора, щоб забезпечити його ефективне охолодження.

Дуже важливо не перевищувати максимальне навантаження на інвертор. Потрібно звернути увагу на пускові струми електроприладів.

Якщо інвертор використовується з акумуляторними батареями, то дотримуємось правил пожежної безпеки під час їх експлуатації. Використовуємо тільки рекомендовані типи батарей. Регулярно перевіряємо стан батарей і зарядних пристроїв.

У випадку пожежі слід терміново відключити інвертор від електромережі та акумуляторів. Використовуємо вогнегасники, які призначені для гасіння електричних пристроїв (клас С або АВС) та викликаємо пожежну службу.

Обов'язковою умовою експлуатації гібридних інверторів є ознайомлення з інструкцією з його експлуатації. Не завадило б також встановити в приміщенні, де знаходиться інвертор, димові пожежні сповіщувачі. Також потрібно провести навчання членів сім'ї або співробітників щодо дій у разі пожежі.

Дотримання правил безпеки допоможе мінімізувати ризик виникнення пожежі та забезпечити безпечну експлуатацію гібридного інвертора.

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті було розроблено систему альтернативного енергозабезпечення електричною енергією торгівельно-розважального комплексу на базі енергогенеруючої плитки, яка працює за технологією Pavegen Systems.

В ході виконання даного дипломного проєкту було обґрунтовано вибір технології Pavegen Systems для його реалізації. У відповідності до плану приміщення торгівельного-розважального комплексу вибрано зону монтажу електрогенеруючої плитки для підлоги Pavegen Systems, а також розраховано їх кількість, потужність та обрано схему реалізації електропостачання, яка є автономно-мережевою. Розраховано та обрано модель інвертора та обґрунтовано реалізацію підключення натискних плиток Pavegen Systems до нього. Проведено розрахунок кількості та вибір типу акумуляторних батарей, пристрою АВР, лічильників обліку електричної енергії, який дасть можливість враховувати «зелений тариф» та кабелів з'єднання.

Капітальні витрати на реалізацію розробленої системи становлять: 8640464,6 грн., а її термін окупності – 0,2 роки.

					ДП.141.042.020.ПЗ		
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ		
Розробив	Льєнко Є. Д.						
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						
Затв.	Лавріщев О.О.				ЖАТФК, Гр. Е-42		
					Літ.	Арк.	Аркушів
					У	73	77

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альтернативні джерела енергії та технології їх використання: підруч. / В. В. Клименко, В. П. Солдатенко, С. П. Плешков [та ін.] ; за ред. В. В. Клименка. Кропивницький : Ексклюзив-Систем, 2023. 268с.
2. Аргун Щ. В. Ефективність енергогенеруючих плиток з різними типами мультиплікаторів / Щ. В. Аргун, А. В. Гнатов, П. А. Сохін // Транспортні засоби та електроніка. Інноваційні технології. 2024. Т. 25. С. 42-52.
3. Гнатов А. В., Аргун Щ. В. Енергогенеруюча плитка як альтернативне малопотужне джерело електричної енергії / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун // Автомобільний транспорт : зб наук. пр. Харків : ХНАДУ, 2017. Вип. 40. С. 167-172.
4. Енергогенеруюча плитка з електромашинним вузлом на базі крокових двигунів / Щ. В. Аргун, А. В. Гнатов, О. А. Дзюбенко, С. В. Понікаровська // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». 2019. № 14(1339). С. 20-25. (Енергетика: надійність та енергоефективність).
5. Інвертори гібридні. URL: <https://enext.ua/upload/iblock/318/3uks5k6r7u3uwd30yt5fmxqo640qy83n/e.inv.h.pro.pdf>
6. Інвертори напруги. Керівництво по експлуатації інверторів серії ПНК. URL: https://i-power.com.ua/files/attach_files/PNK-%20I-Power.com.ua.pdf?srsltid=AfmBOooDGn3CczQ8bnnvCJ-BPGlCPk6963M3owLJvNPHiDX4W7COeQLh
7. Інструкція з використання акумуляторних батарей. URL: <https://climagroup.ua/storage/app/uploads/public/660/1c6/d24/6601c6d24850f150932147.pdf?srsltid=AfmBOoo-ZMZqsep0GiIzLK3E3i1IRtXj8CnZ5sx6XRVYIEBQb6a-5dhj>

					ДП.141.042.020.ПЗ		
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Ільєнко Є. Д.			СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ		
Перевір		Антипчук Б.О.					
Н. Контр.		Антипчук Б.О.					
Затв.		Лавріщев О.О.					
						Літ.	Арк.
						У	74
						Аркуші	
						77	
						ЖАТФК, Гр. Е-42	

8. Інструкція з використання акумуляторних батарей. URL: https://sun-energy.com.ua/image/pdf/Akkum_manual_26Ah_minus_ukr.pdf?srsltid=AfmBOor2Hv-ZgU1jSSJPfcOS8amDK1PNoAMKiH6ZgUIY2LV2eilYGdXZ
9. Інструкція з використання акумуляторних батарей. Свинцево-кислотних. URL: https://bezpeka.club/system/storage/download/I-Battery%20Manual.Pdf?srsltid=AfmBOooKiNWYq7RY88mYy-0E4F-DBJahlHOtqsw-Xb6G_o8ToTzCHtJC
10. Контекстний підхід до єдиного цифрового середовища енергетичних систем / О. Г. Гриб, І. Т. Карпалюк, С. В. Швець, Н. В. Рудевіч // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». 2019. № 14(1339). С. 3-7. (Енергетика: надійність та енергоефективність).
11. Сенько В. І. Інвертори і перетворювачі частоти : монографія / В. І. Сенько, К. В. Трубіцин, В. І. Чибеліс. Київ : Ліра – К, 2020. 300 с.

[illegible]

Познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	<i>Напівпровідникові діоди</i>		
VD1, VD3	VS-MUR1520	2	
VD5, VD7	VS-MUR1520-M3	2	
VD2, VD4	1N1251	2	
VD6, VD8	1N1251	2	
VD9	світлодіод «LED»	1	зелений
VD10	світлодіод «LED»	1	червоний
	<i>Інтегральні мікросхеми та мікроконтролери</i>		
IC1	SG3525A	1	
IC2	TP4056	1	
IC3	DW01A	1	
IC4	FS8205A	1	
	<i>Транзистори</i>		
VT1 ... VT6	KT872A	8	
	<i>Конденсатори</i>		
C1,C9,C10	0,01 мкФ	3	
C2	LXV – 50V – 0,15 мкФ ±5%	1	
C3	100V– 4,7 мкФ ±5%	1	
C4,C6	25V—100 мкФ	2	
C5,C7	0,015 мкФ	2	
C8	100 мкФ	1	
C11	10 мкФ	1	
	<i>Резистори</i>		
R1,R6,R30	100 Ом	3	
R2	10 Ом	1	
R3	2,2 кОм	1	
R4,R5	5,6 кОм	2	
R7	510 Ом	1	

					<i>ДП.141.042.020.ПЗ</i>			
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Льєнко Є.Д.				Перелік елементів. Схема електрична принципова. Система альтернативного електрозабезпечення торгівельно-розважального комплексу на базі енергогенеруючої плитки Pavegen Systems. (ДОДАТОК А)	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір	Антипчук Б.О.					У	75	77
Н. Контр.	Антипчук Б.О.					ЖАТФК, Гр. Е-42		
Затв.	Лавріщев О.О.							