

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 електричного обігріву трикімнатної квартири на базі
інфрачервоної плівки з резервним живленням від сонячних панелей "

Виконав: студент IV курсу, групи Е-42

спеціальності

141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

Тарас МИРОНЮК

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

Миронюку Тарасу Сергійовичу

- 1.Тема дипломного проєкту “ Система електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки з резервним живленням від сонячних панелей ” 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 трикімнатної квартири.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
 - Вступ;
 - Види опалення;
 - Основні типи електричних систем інфрачервоного обігріву приміщень;
 - Система електричного обігріву квартирної приміщення на базі інфрачервоної плівки;
 - Резервне живлення системи електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки;
 - Економічна ефективність проєкту;
 - Охорона праці;
 - Висновки.
5. Перелік візуального та графічного матеріалу:
 - Схема електрична структурна. Система електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки з резервним живленням від сонячних панелей.

- Схема електрична принципова. Резервне живлення системи електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки.

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.	
Розділ 5	Антипчук Б. О.– викладач спеціальних дисциплін	03 грудня 2024р.	
Розділ 6	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	23.01.2025р.	
5.	Розділ 4	20.02.2025р.	
6.	Розділ 5	27.03.2025р.	
7.	Розділ 6	10.04.2025р.	
8.	Висновки	10.04.2025р.	
9.	Графічна частина та технічна документація	22.05.2025р.	

Студент: _____ Тарас МИРОНЮК

Керівник проєкту: _____ Богдан АНТИПЧУК

[illegible]

“ Система електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки з резервним живленням від сонячних панелей ”

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт складається з 77 листів пояснювальної записки, яка включає шість розділів та графічну частину виконану на 2 листах формату А1 креслярського паперу.

В першому розділі цього дипломного проєкту проведено порівняльний аналіз сучасних систем опалення, за результатами якого обґрунтовано переваги інфрачервоних систем опалення порівняно з традиційними.

У другому розділі було проаналізовано різні варіанти технічної реалізації системи електричного інфрачервоного обігріву житлових приміщень та обґрунтовано вибір саме інфрачервоної плівки, яка монтується в підлогу.

У третьому розділі було проведено детальний електротехнічний розрахунок основних параметрів системи електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки; визначено необхідну площу інфрачервоної плівки в м^2 для реалізації якісного обігріву всіх кімнат квартири; розраховано необхідну кількість терморегуляторів та обґрунтовано вибір їх типу та моделі.

У четвертому розділі розраховано та обрано необхідне обладнання для реалізації резервного живлення системи електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки, яке базується на сонячних панелях.

У п'ятому розділі проведено розрахунок економічної ефективності розробленої системи інфрачервоного обігріву разом з її резервним живленням.

У шостому розділі описано охорону праці під час монтажу та експлуатації електричної інфрачервоної плівки для підлоги та сонячних панелей.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ВИДИ ОПАЛЕННЯ	9
1.1 Класифікація основних видів опалення	9
1.2 Традиційні системи опалення	10
1.3 Інфракчервоні опалювальні пристрої	12
2 ОСНОВНІ ТИПИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ІНФРАЧЕРВОНОГО ОБІГРІВУ ПРИМІЩЕНЬ	14
2.1 Фізичний зміст інфракчервоного випромінювання	14
2.2 Системи інфракчервоного обігріву, які монтуються в підлогу	16
2.3 Системи інфракчервоного обігріву, які кріпляться на стелю	17
2.4 Системи інфракчервоного обігріву, які кріпляться на стіни	21
2.5 Обґрунтування вибору елементів електричної системи інфракчервоного опалення для обігріву квартирної приміщення	23
3 СИСТЕМА ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБІГРІВУ КВАРТИРНОГО ПРИМІЩЕННЯ НА БАЗІ ІНФРАЧЕРВОНОЇ ПЛІВКИ	24
3.1 Розрахунок теплових втрат квартирної приміщення та електричної потужності для реалізації інфракчервоної системи електричного обігріву	24
3.2 Розрахунок та вибір електричної інфракчервоної плівки	34
3.3 Вибір типу та розрахунок кількості терморегуляторів	37
4 РЕЗЕРВНЕ ЖИВЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБІГРІВУ ТРИКІМНАТНОЇ КВАРТИРИ НА БАЗІ ІНФРАЧЕРВОНОЇ ПЛІВКИ	42
4.1 Вибір схеми впровадження системи резервного живлення	42
4.2 Визначення загальної тижневої спожитої потужності системою інфракчервоного обігріву квартири	44

					<i>ДП.141.042.017.ПЗ</i>		
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	<i>ЗМІСТ</i>		
Розробив		Миронюк Т.С.					
Перевір		Антипчук Б.О.					
Н. Контр.		Антипчук Б.О.					
Затв.		Лавріщев О.О.			ЖАТФК, Гр. Е-42		
					Літ.	Арк.	Аркушів
					У	6	77

4.3 Розрахунок кількості та вибір типу сонячних панелей	46
4.4 Розрахунок інвертора та вибір його типу	49
4.5 Розрахунок та вибір типу акумуляторних батарей	53
4.6 Вибір пристрою автоматичного ввімкнення резерву	55
5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ	58
5.1 Визначення капітальних витрат на реалізацію інфрачервоної системи електричного обігріву	58
5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на впровадження інфрачервоної системи електричного обігріву	61
5.3 Розрахунок терміну окупності розробленої системи інфрачервоного електричного обігріву	64
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	68
6.1 Охорона праці під час монтажу та експлуатації інфрачервоної плівки для підлоги	68
6.2 Безпека праці при монтажі та експлуатації сонячних панелей	69
ВИСНОВКИ	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	74
ДОДАТКИ	76

ВСТУП

Опалення необхідне для підтримки оптимальної температури в приміщеннях. Традиційне конвекційне опалення є неефективним, оскільки нагріте повітря піднімається вгору, створюючи конвекційний потік. Більша частина енергії витрачається на обігрів простору біля стелі, що є марним. Крім того, повітря є поганим провідником тепла.

Системи електричного інфрачервоного обігріву працюють за іншим принципом. Інфрачервоне випромінювання нагріває предмети, які знаходяться на його шляху. Відсутність конвекційних потоків усуває протяги та пил, що особливо вигідно в приміщеннях з високою стелею.

Інноваційні системи обігріву на основі інфрачервоного випромінювання, зокрема ті, що представлені в цьому дипломному проекті, мають багато переваг порівняно з традиційними системами, такими як водяні та кабельні конструкції. Ці системи не потребують масштабних робіт, таких як спорудження бетонних стяжок, прокладання нагрівальних елементів або вибір покриття підлоги. Променеве тепло створює відчуття більш високої температури повітря, що забезпечує комфорт навіть при недостатньому прогріванні приміщення. Інфрачервоне опалення також дозволяє здійснювати локальний обігрів, підтримуючи індивідуальний температурний режим у різних зонах однієї кімнати. При необхідності можна просто відключити частину обладнання.

Звісно, що окрім багатьох переваг, інфрачервоні системи опалення мають свої недоліки, а точніше кажучи він один – це залежність від електроенергії. Це змушує продумати в нашому дипломному проекті варіанти часткового вирішення цієї проблеми, зокрема розрахунок та розробку резервної системи живлення, наприклад, на базі сонячних панелей.

					ДП.141.042.017.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ВСТУП		
Розробив	Миронюк Т.С.						
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						
Затв.	Лавріщев О.О.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					У	8	77
					ЖАТФК, Гр. Е-42		

1 ВИДИ ОПАЛЕННЯ

1.1 Класифікація основних видів опалення

Теплообмін, або теплопередача – це фізичний процес передачі енергії у вигляді теплоти від тіла з вищою температурою до тіла з нижчою температурою до досягнення термодинамічної рівноваги. Теплова енергія передається доти, доки температури тіл не зрівняються.

Теплопередача зазвичай відбувається від гарячого тіла до холодного, що відповідає другому закону термодинаміки. Всі системи опалення працюють згідно з цим законом.

З точки зору фізики, існують три основні типи передачі тепла: теплопровідність, конвекція та теплове випромінювання. Однак, у чистому вигляді вони рідко зустрічаються, і зазвичай тепло передається комбінацією цих типів. Основні типи теплопередачі включають тепловіддачу, теплопередачу та конвекційно-променевий метод передачі тепла.

Опалення класифікують за комбінацією способів теплопередачі. Всі види опалення можна розділити на автономні та системні (магістральні). Автономне опалення має вбудований генератор теплової енергії, тоді як системне опалення підключене до опалювальних систем та магістралей і є їх частиною. Залежно від способу тепловіддачі, системи опалення приміщень поділяються на конвекційні та променеві.

Конвекційне опалення – це тип опалення, при якому тепло передається переважно через змішування гарячого і холодного повітря.

Променеве опалення – це тип опалення, при якому тепло передається в основному інфрачервоним випромінюванням.

У поєднанні конвекційного та променевого видів передачі тепла

					ДП.141.042.017.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	1 ВИДИ ОПАЛЕННЯ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Миронюк Т.С.				У	9	77
Перевір		Антипчук Б.О.						
Н. Контр.		Антипчук Б.О.						
Затв.		Лавріщев О.О.						
						ЖАТФК, Гр. Е-42		

можна виділити три основні способи теплопередачі:

- вогнево-повітряний;
- повітряний;
- інфрачервоний.

Прикладами вогнево-повітряного опалення є осередки з відкритим полум'ям, каміни, багаття та жаровні з розжареним вугіллям. Повітряне опалення включає печі, опалювальні радіатори, конвектори всіх типів та теплові повітряні установки. Інфрачервоне опалення представлено теплими підлогами, тепловими панелями, газовими та електричними рефлекторами, тощо.

1.2 Традиційні системи опалення

Традиційні системи опалення використовують різні види палива, найчастіше газ, але також можуть використовувати рідке або тверде паливо. Незалежно від типу палива, принцип роботи всіх традиційних систем однаковий: теплова енергія від згоряння палива нагріває теплоносій, який потім надходить у радіатори і нагріває повітря в приміщенні. Вода зазвичай використовується як теплоносій, тому такі системи називають водяними або рідинними. Тепле повітря піднімається вгору, а холодне опускається вниз, що є прикладом конвекції.

Холодне повітря, яке внаслідок конвекції опускається вниз, створює так звані "холодні підлоги". У високих приміщеннях прогрівання всього об'єму триває довше, що призводить до розшарування повітря.

Потоки теплого повітря, що піднімаються вгору, створюють протяги в приміщенні та збільшують втрати тепла через дах і стіни, тобто тепло просто виходить з будівлі. Люди, які знаходяться в нижній частині приміщення, стають заручниками зони "холодного повітря".

Нижче, на рисунку 1.1, показано схему розподілу тепла при роботі системи з традиційним опаленням.

					ДП.141.042.017.ПЗ	Аркуш
						10
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

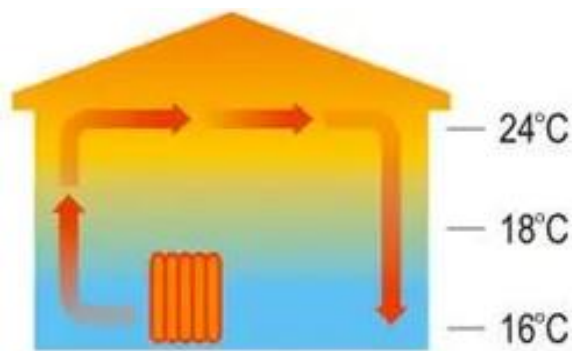


Рисунок 1.1 – Схема розподілу тепла при роботі традиційної системи опалення

Основним елементом рідинної системи опалення є котел, зазвичай газовий. Нагріта в котлі вода по трубах надходить до радіаторів. Для циркуляції води в системі встановлюється насос, якщо циркуляція є примусовою. Природна циркуляція можлива без насоса. Крім основних елементів, рідинна система опалення має багато допоміжних компонентів, таких як розширювальний бак для компенсації температурного розширення води, фітинги для з'єднання труб, повітряні клапани та інші необхідні для нормальної роботи системи елементи.

Для встановлення газового котла в квартирі або приватному будинку необхідно мати приміщення, обладнане системою вентиляції та димоходом, а також системою підведення газу. Вся система є досить складною з точки зору монтажу та затратною з фінансової точки зору.

У традиційних системах опалення замість газового котла можуть використовуватися електричні котли для рідинного опалення або різні електричні обігрівачі, такі як масляні радіатори, електрокаміни та теплові вентилятори. Принцип роботи цих приладів також конвекційний: спочатку нагрівається повітря, а потім стіни, меблі та люди.

Отже, як можна побачити, використання традиційних систем опалення є малоефективним з точки зору розподілу тепла і неекономічним варіантом, оскільки розробка, монтаж та експлуатація таких систем є доволі затратними з фінансової точки зору.

1.3 Інфрачервоні опалювальні пристрої

Сучасні інфрачервоні обігрівачі забезпечують раціональний та економний обігрів приміщень у різних умовах. Традиційні системи опалення діють неправильно з природної точки зору, оскільки спочатку нагрівається повітря, а потім усе інше.

У природних умовах все відбувається навпаки: природним джерелом тепла на Землі є Сонце, і саме його інфрачервона складова нагріває Землю, людей, рослини та предмети, а вже від них нагрівається повітря, створюючи комфортні умови для життєдіяльності людини. Електричні інфрачервоні обігрівачі працюють за цим принципом. Інфрачервоні промені безперешкодно доходять до поверхонь та предметів, які обігріваються, оскільки повітря для них є абсолютно прозорим.

На рисунку 1.2 показано схему розподілу тепла при роботі інфрачервоної системи опалення.

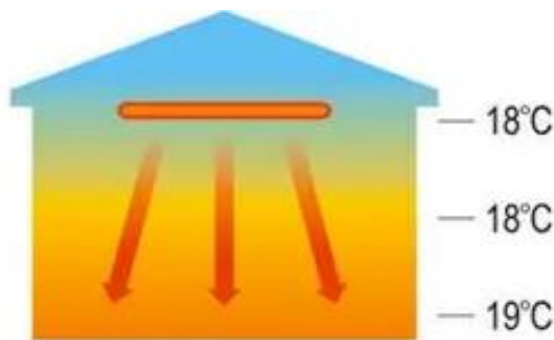


Рисунок 1.2 – Схема розподілу тепла при роботі інфрачервоної системи опалення

Системи опалення створені на базі інфрачервоних пристроїв опалення мають такі переваги у порівнянні із системами традиційного опалення:

- енергоефективність: інфрачервоні системи нагрівають предмети та поверхні безпосередньо, а не повітря, що зменшує втрати тепла;
- комфорт: інфрачервоне випромінювання створює відчуття тепла, подібне до сонячного, забезпечуючи комфортні умови;

- швидкий нагрів: інфрачервоні обігрівачі швидко нагрівають приміщення, оскільки не потрібно чекати, поки нагріється повітря;
- здоров'я: відсутність конвекційних потоків зменшує циркуляцію пилу та алергенів у повітрі;
- локальний обігрів: можливість обігрівати окремі зони приміщення, що дозволяє економити енергію;
- простота встановлення: інфрачервоні системи легко встановлюються та не потребують складних монтажних робіт.

Ці переваги роблять інфрачервоні системи опалення привабливим вибором для багатьох користувачів.

2 ОСНОВНІ ТИПИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ІНФРАЧЕРВОНОГО ОБІГРІВУ ПРИМІЩЕНЬ

2.1 Фізичний зміст інфрачервоного випромінювання

Сьогодні енергію сонячного випромінювання класифікують за допомогою спектру електромагнітного випромінювання. Цей спектр дозволяє розподілити сонячну енергію за довжинами хвиль, які випромінює сонце. Кількість енергії хвилі залежить від її довжини: довгі хвилі мають меншу частку низькочастотної енергії, а короткі хвилі – більшу частку високочастотної енергії.

Людське око може бачити лише ті хвилі, які складають кольори веселки, їх називають "видимими", оскільки вони належать до "видимого" спектру випромінювання.

Хоча наше око може розрізняти лише видимі електромагнітні хвилі, нас оточує безліч інших енергетичних хвиль, які по-різному впливають на наш організм. Сонячний електромагнітний спектр випромінювання включає сім типів енергетичних хвиль, які знаходяться між найдовшими – радіохвилями, і найкоротшими – гамма-променями (див. рис. 2.1).

Згідно зі спектром електромагнітних хвиль, показаним на рисунку 2.1, рухаючись від видимого світла в довгохвильову сторону спектра, ми потрапляємо в діапазон інфрачервоного випромінювання. Ближнє інфрачервоне випромінювання фізично не відрізняється від видимого світла, за винятком того, що не сприймається сітківкою ока людини. Його можна реєструвати тими ж приладами, що і видиме світло, наприклад, звичайними фото- та відеокамерами, телескопами тощо.

					ДП.141.042.017.ПЗ			
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	2 ОСНОВНІ ТИПИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ІНФРАЧЕРВОНОГО ОБІГРІВУ ПРИМІЩЕНЬ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Миронюк Т.С.				У	14	77
Перевір		Антипчук Б.О.				ЖАТФК, Гр. Е-42		
Н. Контр.		Антипчук Б.О.						
Затв.		Лавріщев О.О.						

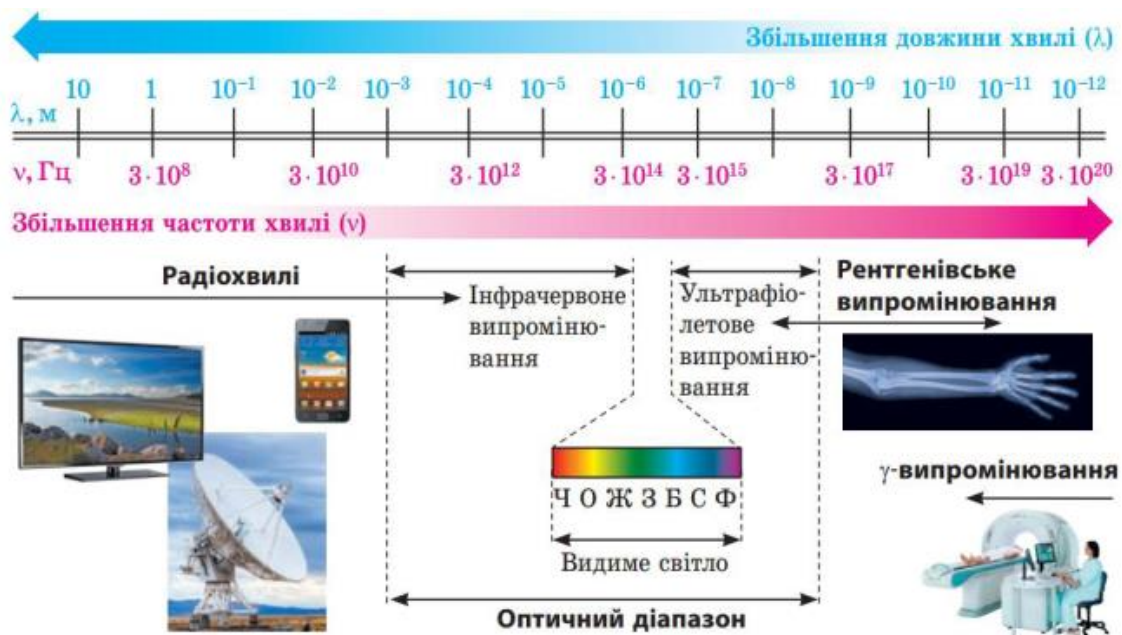


Рисунок 2.1 – Спектр електромагнітних хвиль

Отже, інфрачервоне випромінювання – це електромагнітне випромінювання, яке охоплює спектральну область між червоною межею видимого світла з довжиною хвилі 700 нм (частота близько 430 ТГц) та мікрохвильовим випромінюванням з довжиною хвилі 1 мм (частота близько 300 ГГц). Це випромінювання часто називають інфрачервоним світлом.

Хоча людське око не сприймає інфрачервоного випромінювання, ми відчуваємо його дію на шкірі у вигляді тепла, тому його також називають тепловим випромінюванням. Довжина хвиль інфрачервоного випромінювання залежить від температури нагрівання тіла, яке його випромінює: чим вища температура, тим коротша довжина хвилі і тим вища інтенсивність випромінювання. Тобто, зі зростанням температури, максимум інтенсивності випромінювання зміщується в бік коротших хвиль, до зони видимого діапазону випромінювання.

Останнім часом інфрачервоне випромінювання все частіше використовується як додаткове або основне опалення в приміщеннях (будинках, квартирах, офісах тощо), а також для локального обігріву вуличних просторів (вуличні кафе, альтанки тощо).

У наступних підрозділах цього розділу дипломного проекту ми розглянемо основні типи електричних систем інфрачервоного обігріву, які використовуються сьогодні для опалення приміщень. Ми визначимо їхні переваги та недоліки порівняно з традиційними системами опалення та оберемо систему, на основі якої будемо розробляти наш проект.

2.2 Системи інфрачервоного обігріву, які монтуються в підлогу

Системи інфрачервоного обігріву, які монтуються в підлогу, є ефективним і зручним способом обігріву приміщення. Інфрачервоний підігрів підлоги відрізняється простотою монтажу, високою ефективністю та має кілька особливостей.

Існують два основних види систем інфрачервоної теплої підлоги:

- плівкові: це тонка плівка з графітовими нагрівальними елементами, яка споживає відносно небагато електроенергії під час роботи;
- стрижневі: ці системи складаються з нагрівальних стрижнів, які забезпечують рівномірний розподіл тепла по всій поверхні підлоги.

Плівкові системи особливо популярні завдяки своїй енергоефективності та простоті встановлення.



Рисунок 2.2 – Плівкова інфрачервона підлога

Плівкова тепла підлога є більш популярною, ніж стрижнева, завдяки нижчій вартості, яка варіюється від 300 до 500 гривень за 1 м². Вона

нагрівається значно швидше, ніж водяна або кабельна система підігріву, і не боїться вологи чи механічних впливів. Плівкова система легше встановлюється, але її не можна монтувати під меблі, тому її встановлюють лише на відкритих ділянках підлоги. Під інфрачервону плівку обов'язково потрібно встановлювати шар теплоізоляції та спеціальну підкладку для вирівнювання.

Стрижневі інфрачервоні системи теплої підлоги складаються з гнучких карбонових стрижнів, які монтуються в бетонну основу підлоги. Вони можуть бути встановлені під меблі без побоювань. Однак, для встановлення стрижневої системи потрібно повністю перестилати підлогу і заново заливати бетонну стяжку, що ускладнює монтаж.

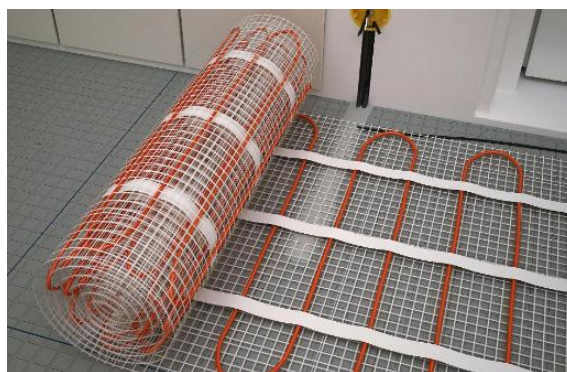


Рисунок 2.3 – Стрижнева інфрачервона підлога

Інфрачервона тепла підлога є хорошим варіантом для обігріву приміщення як основна система опалення. Однак важливо звернути увагу на її електричну потужність. Якщо використовувати таку систему як єдиний обігрівальний прилад, її потужність повинна становити не менше 100 Вт на квадратний метр підлоги.

2.3 Системи інфрачервоного обігріву, які кріпляться на стелю

При опаленні приміщень інфрачервоними системами, які кріпляться на стелю, нагрівальні прилади підвішуються до стелі, що дозволяє направляти

тепловий потік вниз і трохи в сторони. Основна поверхня, яка нагрівається інфрачервоними променями – це підлогове покриття. Тому температура на рівні ніг людини при такому способі обігріву виявляється на кілька градусів вищою, ніж на рівні голови. При конвекційному принципі нагрівання повітря підлога завжди є найхолоднішою поверхнею, а основна маса теплого повітря перебуває під стелею.

Конструктивно стельовий інфрачервоний обігрівач включає нагрівний елемент – тен і алюмінієву пластину, яка випромінює електромагнітні хвилі певної довжини. Тени виготовляються з вольфраму, кварцу або кераміки, і саме від обраного матеріалу залежить потужність та ефективність обігрівача.

Такі обігрівачі часто використовуються як допоміжне джерело тепла в приватних будинках або квартирах. Підтримуючи фонову температуру в приміщенні за допомогою іншого виду опалення і використовуючи стельові інфрачервоні обігрівачі, можна створювати "острівці" тепла, наприклад, у зоні відпочинку або робочого місця. Такі системи не займають корисної площі приміщення.



Рисунок 2.4 – Стельовий інфрачервоний обігрівач

Інфрачервоні обігрівачі з вбудованим температурним датчиком автоматично вимикаються при досягненні заданої температури і знову вмикаються, коли температура в приміщенні падає нижче встановленої позначки. Це дозволяє значно економити електроенергію. Стельові

інфрачервоні обігрівачі також зручні тим, що їх можна демонтувати і перевезти на нове місце проживання.

Однак при використанні таких систем обігріву необхідно уникати спрямованого потоку інфрачервоного випромінювання. Нагрівний прилад не повинен бути направлений в район голови людини. Не рекомендується кріпити інфрачервоні обігрівачі на натяжну стелю з плівки ПВХ або на пластикову вагонку, а також розташовувати їх нижче 1,5 метрів від поверхні підлоги.

У високих приміщеннях водяні системи опалення малоефективні, оскільки тепле повітря піднімається вгору. При висоті стелі 2,5 - 3,6 м ефективними та економічними є низькотемпературні інфрачервоні підвісні обігрівачі з температурою випромінювача в межах 100 - 120 °С (див. рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Низькотемпературний інфрачервоний стельовий підвісний обігрівачі

Конструкція і принцип дії таких випромінювачів дозволяє встановлювати їх на будь-якій висоті. Низькотемпературний стельовий інфрачервоний обігрівач являє собою металевий короб з розміщеним всередині нього розподіленим нагрівачем. Випромінююча поверхня обробляється спеціальними матеріалами, які забезпечують максимальну інтенсивність теплового випромінювання, тобто емісію теплової променевої енергії. Коефіцієнт теплової емісії у найбільш досконалих обігрівачів досягає

90%. Збільшенню теплової віддачі сприяє рельєфна поверхня, яка дозволяє збільшити її площу не менше ніж в 2,5 - 3 рази.

Щоб забезпечити рівномірний обігрів приміщення та уникнути появи теплих і холодних зон, необхідно використовувати кілька таких обігрівачів, сумарна потужність яких повинна відповідати тепловим втратам будівлі. Якщо висота стелі становить 4 м і більше, можна безпечно застосовувати обігрівачі з температурою випромінюючої поверхні до 200 °С і вище. Такі обігрівачі називаються високотемпературними (див. рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Високотемпературний інфрачервоний стельовий підвісний обігрівачі

Високотемпературні обігрівачі також мають коробчастий корпус, всередині якого розташовані один або кілька нагрівних елементів. Тепло цих елементів передається алюмінієвому профілю, випромінююча поверхня якого покрита спеціальною керамікою. Це дозволяє знизити температуру випромінюючої поверхні за рахунок підвищення коефіцієнта емісії променевого потоку. У низькотемпературних та високотемпературних інфрачервоних стельових електричних обігрівачах простір між корпусом і нагрівними елементами заповнений термостійким високоякісним утеплювачем, що забезпечує повну пожежну безпеку всього пристрою.

Для стельового монтажу можна використати інфрачервону плівку підвищеної потужності 220-400 Вт/м² (див. рис. 2.7), в залежності від площі обігріву та вимог до інтенсивності опалення.



Рисунок 2.7 – Стельовий монтаж інфрачервоної плівки

За своїми властивостями та принципом роботи така плівка не відрізняється від тієї, що описувалась в попередньому підрозділі даного дипломного проекту, ефективність її роботи при такому монтажу поступається настинному та підлоговому варіантам установки, хоча в такому разі ми маємо вразі більшу площу обігріву, так як на стелі немає меблів та інших перешкод.

2.4 Системи інфрачервоного обігріву, які кріпляться на стіни

Монтаж настильних електричних інфрачервоних опалювальних систем може бути чудовою альтернативою традиційним методам опалення. Сьогодні такі системи складаються з інфрачервоних електричних керамічних панелей, які відрізняються малою товщиною (вони досить плоскі) та мають широкий вибір типорозмірів. Зовнішній вигляд цих настильних інфрачервоних панелей показано на рисунку 2.8.



Рисунку 2.8 – Настінна інфрачервона керамічна панель обігріву приміщення

Інфрачервоні панелі обігріву приміщення можуть бути легко змонтовані в квартирі, будинку або офісі власноруч. Їх виготовляють у якості:

- настінних інфрачервоних панелей, які встановлюються замість звичайного радіатора в нішу під вікном;
- дизайнерських настінних інфрачервоних панелей різних габаритів та з різноманітною кольоровою гамою;
- планок теплих інфрачервоних плінтусів, які кріпляться по периметру приміщення замість звичайного плінтуса.

Універсальним варіантом настінного опалення може стати плівкова система інфрачервоного обігріву, змонтована в товщі стіни (див. рис. 2.9). Такий вид джерела тепла раціонально встановлювати всередині приміщення з однією або декількома зовнішніми стінами, що забезпечить достатній прогрів площин, схильних до промерзання і утворення цвілі. Важливий момент, на який необхідно звернути увагу при монтажі плівкової настінної інфрачервоної системи, – обов'язкове застосування екрануючої плівки, яка запобігатиме втраті тепла.



Рисунку 2.9 – Настінна інфрачервона плівка

Останнім часом різні елементи інтер'єру, такі як інфрачервоні обігрівачі у вигляді картин, стають все більш популярними як додаткові місцеві обігрівачі (див. рис. 2.10). Ці обігрівачі складаються з карбонових ниток, підключених паралельно між собою. Нагрівних інфрачервоних ниток

у таких обігрівачах не одна і навіть не дві сотні. Завдяки низькому споживанню електроенергії, можливість виникнення перевантажень і перегріву практично відсутня, що забезпечує високу надійність та тривалий термін служби.



Рисунку 2.10 – Настінна інфрачервона плівка

2.5 Обґрунтування вибору елементів електричної системи інфрачервоного опалення для обігріву квартирної приміщення

Враховуючі всю вище зазначену інформацію про основні типи електричних систем інфрачервоного обігріву приміщень, для реалізації даного дипломного проєкту, в подальшому буде обрано варіант реалізації нашої системи на електричній інфрачервоній плівці, так як вона має ряд суттєвих переваг порівняно з іншими варіантами реалізації систем інфрачервоного опалення.

Головною її перевагою є універсальність монтажу та енергоефективність, так як вона споживає мало електроенергії при високому коефіцієнті корисної роботи і її можна змонтувати у підлогу, на стіни та на стелю, хоча в нашому варіанті, попередньо оберемо підлогово-настінний монтаж, так як стельове розміщення потребує більшої потужності плівкових елементів і є менш ефективним та більш енергозатратним.

3 СИСТЕМА ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБІГРІВУ КВАРТИРНОГО ПРИМІЩЕННЯ НА БАЗІ ІНФРАЧЕРВОНОЇ ПЛІВКИ

3.1 Розрахунок теплових втрат квартирної приміщення та електричної потужності для реалізації інфрачервоної системи електричного обігріву

Розрахунок необхідної теплової енергії для будь-якого приміщення починається з визначення його теплових втрат. Це впливає на вибір типу джерела теплової енергії, їх кількість, потужність системи опалення та економічні витрати на її реалізацію. Хоча прийнято вважати, що спосіб опалення не впливає на теплотехнічний розрахунок, детальний аналіз теплових процесів у приміщенні показує, що використання інфрачервоної системи опалення має певні відмінності від традиційного конвекційного опалення.

Першим важливим етапом розрахунку системи інфрачервоного опалення для квартирної приміщення є теплотехнічний аналіз його огорожувальних конструкцій. Після цього визначаються теплові втрати приміщення та необхідна електрична потужність системи.

План квартирної приміщення, для якого буде проводитись теплотехнічний розрахунок та розробка системи електричного інфрачервоного обігріву, зображено на рисунку 3.1. Всі необхідні дані для цього зведено до таблиці 3.1.

Однак, слід зазначити, що для теплотехнічного розрахунку ми братимемо тільки житлові приміщення, а якщо за плануванням квартири передбачені тераса, балкон або лоджія, то в такому випадку ми їх не враховуватимемо. Також не враховуватимемо приміщення з дуже малою площею, якщо такі будуть (наприклад: гардеробні кімнати, комори, тощо).

					ДП.141.042.017.ПЗ				
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Миронюк Т.С.				3 СИСТЕМА ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБІГРІВУ КВАРТИРНОГО ПРИМІЩЕННЯ НА БАЗІ ІНФРАЧЕРВОНОЇ ПЛІВКИ				
Перевір	Антипчук Б.О.								
Н. Контр.	Антипчук Б.О.				ЖАТФК, Гр. Е-42				
Затв.	Лавріщев О.О.								
					Літ.	Арк.	Аркушів		
					У		24	77	

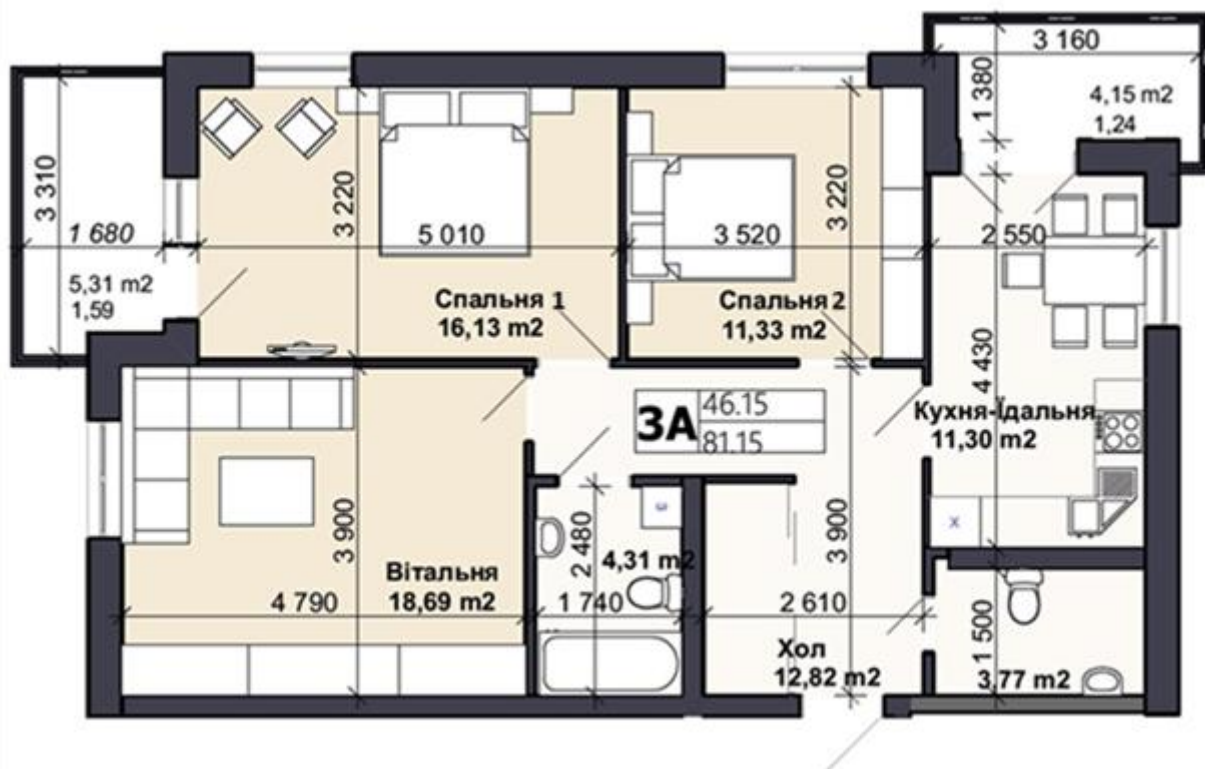


Рисунок 3.1 – План квартирної приміщення

Таблиця 3.1 – Вихідні дані квартирної приміщення

№	Найменування величини	Позначення	Значення	Одиниці виміру
1	2	3	4	5
Хол				
1	Площа приміщення	S	12,82	м ²
2	Висота приміщення	h	2,5	м
3	Розрахункова температура в приміщенні	t _в	20	С ⁰
4	Розрахункова температура зовні в зимовий період	t _н	-15	С ⁰
5	Загальна площа стін, яка контактує з зовн. повітрям	A _к	---	м ²
6	Площа вікон	S _в	---	м ²
7	Площа дверей (0,9м x 2м)	S _д	6×1,8	м ²
8	Характеристика підлоги	бетон		
Ванна кімната				
1	Площа приміщення	S	4,31	м ²
2	Висота	h	2,5	м
3	Розрахункова температура в приміщенні	t _в	20	С ⁰
4	Розрахункова температура зовні в зимовий період	t _н	-15	С ⁰
5	Загальна площа стін, яка контактує з зовн. повітрям	A _к	---	м ²
6	Площа вікон	S _в	---	м ²
7	Площа дверей (0,9м x 2м)	S _д	1,8	м ²
8	Характеристика підлоги	бетон		

Продовження таблиці 3.1

№	Найменування величини	Позначення	Значення	Одиниці виміру
1	2	3	4	5
Вбиральня				
1	Площа приміщення	S	3,77	м ²
2	Висота	h	2,5	м
3	Розрахункова температура в приміщенні	t _в	20	С ⁰
4	Розрахункова температура зовні в зимовий період	t _н	-15	С ⁰
5	Загальна площа стін, яка контактує з зовн. повітрям	A _к	---	м ²
6	Площа вікон	S _w	---	м ²
7	Площа дверей (0,9м x 2м)	S _d	1,8	м ²
8	Характеристика підлоги	бетон		
Вітальня				
1	Площа приміщення	S	18,69	м ²
2	Висота	h	2,5	м
3	Розрахункова температура в приміщенні	t _в	20	С ⁰
4	Розрахункова температура зовні в зимовий період	t _н	-15	С ⁰
5	Загальна площа стін, яка контактує з зовн. повітрям	A _к	9,75	м ²
6	Площа вікон (1,46м x 1,42м)	S _w	2,0732	м ²
7	Площа дверей (0,9м x 2м)	S _d	1,8	м ²
8	Характеристика підлоги	бетон		
Спальня кімната 1				
1	Площа приміщення	S	16,13	м ²
2	Висота	h	2,5	м
3	Розрахункова температура в приміщенні	t _в	20	С ⁰
4	Розрахункова температура зовні в зимовий період	t _н	-15	С ⁰
5	Загальна площа стін, яка контактує з зовн. повітрям	A _к	20,58	м ²
6	Площа вікон (1,46м x 1,42м)	S _w	2,0732	м ²
7	Площа дверей (0,9м x 2м)	S _d	2×1,8	м ²
8	Характеристика підлоги	бетон		
Спальня кімната 2				
1	Площа приміщення	S	11,33	м ²
2	Висота	h	2,5	м
3	Розрахункова температура в приміщенні	t _в	20	С ⁰
4	Розрахункова температура зовні в зимовий період	t _н	-15	С ⁰
5	Загальна площа стін, яка контактує з зовн. повітрям	A _к	8,8	м ²
6	Площа вікон (1,46м x 2,2м)	S _w	3,212	м ²
7	Площа дверей (0,9м x 2м)	S _d	1,8	м ²
8	Характеристика підлоги	бетон		

Продовження таблиці 3.1

№	Найменування величини	Позначення	Значення	Одиниці виміру
1	2	3	4	5
Кухня-їдальня				
1	Площа приміщення	S	11,3	м ²
2	Висота	h	2,5	м
3	Розрахункова температура в приміщенні	t _в	20	С ⁰
4	Розрахункова температура ззовні в зимовий період	t _н	-15	С ⁰
5	Загальна площа стін, яка контактує з зовн. повітрям	A _k	17,54	м ²
6	Площа вікон (1,46м x 1,42м)	S _w	2,0732	м ²
7	Площа дверей (0,9м x 2м)	S _d	3x1,8	м ²
8	Характеристика підлоги	бетон		

Почнемо теплотехнічний розрахунок кімнат квартирного приміщення з визначення втрат теплової енергії через огорожувальні конструкції в кожній з них. Такі теплотехнічні втрати визначаються за формулою:

$$Q_a = \left(\left(\sum \frac{A_k}{R_k} \right) \right) \cdot (t_v - t_n) \cdot \left(1 + \sum b \right) \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.1)$$

де :

A_k – Загальна площа стін, що контактують із зовнішнім повітрям у приміщенні, яке опалюється, м²;

R_k – тепловий опір огорожувальної конструкції, він дорівнює значенню 1,8 у відповідності із [5];

t_v – розрахункова температура в середині приміщенні, С⁰;

t_n – розрахункова температура ззовні приміщення в зимовий період, С⁰;

$\sum b$ – коефіцієнт, що визначає додаткові теплові втрати та вибирається у відповідності із [5], в нашому випадку він становить: 0,05;

n – коефіцієнт, який вибирається згідно із [5] та в нашому випадку становить: 0,8.

Отже, ми отримаємо наступні дані щодо теплових втрат:

$$Q_{a(\text{вітальня})} = \frac{9,75}{1,8} \cdot (20 - (-15)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,16 \text{ кВт};$$

$$Q_{a(\text{спальня кімн. 1})} = \frac{20,58}{1,8} \cdot (20 - (-15)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,34 \text{ кВт};$$

$$Q_{a(\text{спальня кімн. 2})} = \frac{8,8}{1,8} \cdot (20 - (-15)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,14 \text{ кВт};$$

$$Q_{a(\text{кухня-їдал.})} = \frac{17,54}{1,8} \cdot (20 - (-15)) \cdot (1 + 0,05) \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,29 \text{ кВт}.$$

Для таких кімнат як: хол, ванна та вбиральня, приймаємо значення втрат теплової енергії через огорожувальні конструкції $Q_a = 0$, оскільки в них відсутні стіни, які контактують із зовнішнім повітрям.

Наступним кроком буде визначення теплових втрат, що йдуть на нагрівання вентиляційного повітря в кожній із кімнат квартири. Такі втрати визначають за формулою:

$$Q_{B1} = 0,337 \cdot S \cdot h \cdot (t_v - t_n) \cdot K \cdot 10^{-3}, \quad (3.2)$$

де:

S – загальна площа кімнати, м^2 ;

h – висота приміщення, м ;

K – кратність обміну повітря в приміщенні (кімнаті), ч^{-1} .

У зв'язку із ти, що висота кожного приміщення квартири становить 2,5 м, то величину кратності обміну повітря в кожному приміщенні у відповідності із [5] приймаємо рівною значенню 2 ч^{-1} . Тоді, якщо підставити дані із таблиці 3.1 в формулу 3.2 отримаємо, що:

$$Q_{B1 \text{ (хол)}} = 0,337 \cdot 12,82 \cdot 2,5 \cdot (20 - (-15)) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,8 \text{ кВт};$$

$$Q_{B1 \text{ (ванна кімн.)}} = 0,337 \cdot 4,31 \cdot 2,5 \cdot (20 - (-15)) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,3 \text{ кВт};$$

$$Q_{B1 \text{ (вбиральня)}} = 0,337 \cdot 3,77 \cdot 2,5 \cdot (20 - (-15)) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,2 \text{ кВт};$$

$$Q_{B1 \text{ (вітальня)}} = 0,337 \cdot 18,69 \cdot 2,5 \cdot (20 - (-15)) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 1,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{B1 \text{ (спальня кімн. 1)}} = 0,337 \cdot 16,13 \cdot 2,5 \cdot (20 - (-15)) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,97 \text{ кВт};$$

$$Q_{B1 \text{ (спальня кімн. 2)}} = 0,337 \cdot 11,33 \cdot 2,5 \cdot (20 - (-15)) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,7 \text{ кВт};$$

$$Q_{B1 \text{ (кухня-їдал.)}} = 0,337 \cdot 11,3 \cdot 2,5 \cdot (20 - (-15)) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,7 \text{ кВт}.$$

Далі визначимо теплові втрати на нагрівання зовнішнього повітря, що надходить в кімнати квартири через дверні проходи. Для цього використаємо формулу:

$$Q_{B2} = 0,7 \cdot B \cdot (h + 0,8 \cdot p) \cdot (t_b - t_n) \cdot 10^{-3}, \quad (3.3)$$

де:

B – загальна кількість дверних проходів або дверей в кімнаті квартири;

p – кількість осіб, які зазвичай мають перебувати в кімнаті квартири.

Оскільки, трикімнатна квартира, для якої розробляється система електричного обігріву на базі інфрачервоної плівки, розраховане на постійне проживання в ньому сім'ї, яка складається із чотирьох чоловік, то при розрахунку спальних кімнат коефіцієнт p прийматимемо рівний значенню «2», вітальної кімнати та кухні – рівний значенню «4», а для решти кімнат – рівний значенню «1».

Отже за виразом 3.3 матимемо:

$$Q_{B2 \text{ (хол)}} = 0,7 \cdot 6 \cdot (2,5 + 0,8 \cdot 1) \cdot (20 - (-15)) \cdot 10^{-3} = 0,5 \text{ кВт};$$

$$Q_{B2 \text{ (ванна кімн.)}} = 0,7 \cdot 1 \cdot (2,5 + 0,8 \cdot 1) \cdot (20 - (-15)) \cdot 10^{-3} = 0,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{B2 \text{ (вбиральня)}} = 0,7 \cdot 1 \cdot (2,5 + 0,8 \cdot 1) \cdot (20 - (-15)) \cdot 10^{-3} = 0,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{B2 \text{ (вітальня)}} = 0,7 \cdot 1 \cdot (2,5 + 0,8 \cdot 4) \cdot (20 - (-15)) \cdot 10^{-3} = 0,14 \text{ кВт};$$

$$Q_{B2 \text{ (спальня кімн. 1)}} = 0,7 \cdot 2 \cdot (2,5 + 0,8 \cdot 2) \cdot (20 - (-15)) \cdot 10^{-3} = 0,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{B2 \text{ (спальня кімн. 2)}} = 0,7 \cdot 1 \cdot (2,5 + 0,8 \cdot 2) \cdot (20 - (-15)) \cdot 10^{-3} = 0,1 \text{ кВт};$$

$$Q_{B2 \text{ (кухня-їдал.)}} = 0,7 \cdot 3 \cdot (2,5 + 0,8 \cdot 4) \cdot (20 - (-15)) \cdot 10^{-3} = 0,42 \text{ кВт}.$$

Тепер обчислимо розрахункові теплові втрати Q_1 кожної кімнати нашої трикімнатної квартири за формулою:

$$Q_1 = Q_a + Q_{B1} + Q_{B2}, \quad (3.4)$$

де:

Q_a – втрати теплової енергії через огорожувальні конструкції кімнати квартирнього приміщення, кВт;

Q_{B1} – теплові втрати на нагрівання вентиляційного повітря кімнати квартирнього приміщення, кВт;

Q_{B2} – теплові втрати на нагрівання зовнішнього повітря, яке надходить в кімнату квартирнього приміщення через дверні проходи, кВт.

Будемо мати, що:

$$Q_{1 \text{ (хол)}} = 0 + 0,8 + 0,5 = 1,3 \text{ кВт};$$

$$Q_{1 \text{ (ванна кімн.)}} = 0 + 0,3 + 0,1 = 0,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{1 \text{ (вбиральня)}} = 0 + 0,2 + 0,1 = 0,3 \text{ кВт};$$

$$Q_{1 \text{ (вітальня)}} = 0,16 + 1,1 + 0,14 = 1,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{1 \text{ (спальна кімн. 1)}} = 0,34 + 0,97 + 0,1 = 1,41 \text{ кВт};$$

$$Q_{1 \text{ (спальна кімн. 2)}} = 0,14 + 0,7 + 0,1 = 0,94 \text{ кВт};$$

$$Q_{1 \text{ (кухня-їдал.)}} = 0,29 + 0,7 + 0,42 = 1,41 \text{ кВт}.$$

Далі визначимо потужність теплового потоку, що має надходити від системи освітлення та осіб, які перебувають в кімнатах квартири:

$$Q_{\text{тп}} = 0,01 \cdot S, \quad (3.5)$$

де:

$Q_{\text{тп}}$ – потужність теплового потоку (кВт);

S – загальна площа кімнати (м²).

Отримаємо, що:

$$Q_{\text{тп (хол)}} = 0,01 \cdot 12,82 = 0,13 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{тп (ванна кімн.)}} = 0,01 \cdot 4,31 = 0,04 \text{ кВт};$$

					ДП.141.042.017.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$Q_{\text{тп (вбиральня)}} = 0,01 \cdot 3,77 = 0,04 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{тп (вітальня)}} = 0,01 \cdot 18,69 = 0,19 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{тп (спальна кімн. 1)}} = 0,01 \cdot 16,13 = 0,16 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{тп (спальна кімн. 2)}} = 0,01 \cdot 11,33 = 0,11 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{тп (кухня-їдал.)}} = 0,01 \cdot 11,3 = 0,11 \text{ кВт}.$$

Враховуючи розрахункові дані отримані за формулами 3.4 та 3.5, обчислимо загальні теплові втрати у кожній кімнаті квартири:

$$Q = Q_1 - Q_{\text{тп}}. \quad (3.6)$$

Отримаємо:

$$Q_{\text{(хол)}} = 1,3 - 0,13 = 1,17 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{(ванна кімн.)}} = 0,4 - 0,04 = 0,36 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{(вбиральня)}} = 0,3 - 0,04 = 0,26 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{(вітальня)}} = 1,4 - 0,19 = 1,21 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{(спальна кімн. 1)}} = 1,41 - 0,16 = 1,24 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{(спальна кімн. 2)}} = 0,94 - 0,11 = 0,83 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{(кухня-їдал.)}} = 1,41 - 0,11 = 1,3 \text{ кВт.}$$

Тепер визначимо електричну потужність системи електричного обігріву на базі інфрачервоної плівки в кожній із кімнат квартири P , але обов'язково враховуватимемо розрахункові дані отримані за формулою 3.6. Формула за якою ми будемо проводити розрахунок електричної потужності наведена нижче:

$$P \geq 1,3 \cdot Q . \quad (3.7)$$

Отже, матимемо:

$$P_{\text{(хол)}} \geq 1,3 \cdot 1,17 \geq 1,52 \text{ кВт;}$$

$$P_{\text{(ванна кімн.)}} \geq 1,3 \cdot 0,36 \geq 0,47 \text{ кВт;}$$

$$P_{\text{(вбиральня)}} \geq 1,3 \cdot 0,26 \geq 0,34 \text{ кВт;}$$

$$P_{\text{(вітальня)}} \geq 1,3 \cdot 1,21 \geq 1,57 \text{ кВт;}$$

$$P_{\text{(спальна кімн. 1)}} \geq 1,3 \cdot 1,24 \geq 1,61 \text{ кВт;}$$

$$P_{\text{(спальна кімн. 2)}} \geq 1,3 \cdot 0,83 \geq 1,07 \text{ кВт;}$$

$$P_{\text{(кухня-їдал.)}} \geq 1,3 \cdot 1,3 \geq 1,69 \text{ кВт.}$$

Загальну електрична потужність системи опалення визначимо за формулою:

					ДП.141.042.017.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$P_{\text{заг}} = \sum P_i , \quad (3.8)$$

де:

P_i – електрична потужність системи інфрачервоного електричного обігріву на базі інфрачервоної плівки конкретної кімнати у квартирі, кВт.

В результаті отримаємо:

$$P_{\text{заг}} = 1,52 + 0,47 + 0,34 + 1,57 + 1,61 + 1,07 + 1,69 = 8,27 \text{ кВт} .$$

3.2 Розрахунок та вибір електричної інфрачервоної плівки

На сьогодні, ринок України налічує дуже велику кількість компаній-виробників (вітчизняних та закордонних), які виготовляють та продають інфрачервоне обладнання для електричного обігріву приміщень, зокрема й інфрачервону плівку, яку можна змонтувати в підлогу, на стіни та на стелю. До гарно зарекомендувавши себе компаній-виробників можна віднести: Heat Plus, Dian Technology, Daewoo, Hi Heat, HeatTech. Ціна та якість електричної обігрівної інфрачервоної плівки теж різна: є варіанти більш дорогі, які мають ефект саморегулювання потужності споживання та більш дешевші – стандартні, які використовують найчастіше в системах опалення. Свій вибір зупинимо на інфрачервоній плівці компанії-виробника Hi Heat (Південна Корея), яка має значний попит на ринку продажу, привабливу ціну та якість виготовлення (див рис. 3.2).

Інфрачервона плівка Hi Heat з матовою ізоляцією і температурою плавлення 110 градусів є плівкою підвищеної надійності. Вона виготовлена з безпечних і екологічно чистих матеріалів і має товщину всього 0,338 мм, складаючись з 5 технологічних шарів, що відрізняє її від аналогів з двома шарами. Карбонові смуги об'єднані в секції по 25 см завдовжки. Гомогенний

карбоновий шар з пластифікатором точно нанесений на поліестерову підкладку, що запобігає перегріву. Найважливіша частина конструкції інфрачервоної плівки – місце контакту струмоведучої мідної шини і карбонового нагрівального шару, забезпечене срібною шиною без повітряного прошарку. Ні Heat має найнижчий опір контакту і високу однорідність. Матова (потовщена) ізоляція робить цю плівку менш схильною до механічних пошкоджень.



Рисунок 3.2 – інфрачервона плівка для електрообігріву приміщень компанії-виробника Ні Heat

Характеристики обраної моделі інфрачервоної плівки наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристики інфрачервоної плівки Ні Heat

Потужність на 1 м ² площі:	220 Вт
Номінальна напруга:	230 В (+/- 5%)
Лінійна потужність (потужність на м. п.):	50 см – 110 Вт, 80 см – 180 Вт, 100 см – 220 Вт
Макс. напруга живлення змінного струму:	500 В
Макс. робоча t нагрівальної плівки:	(+45 C ⁰)
Зовнішній діаметр:	0,338 мм

У підрозділі 3.1 цього дипломного проєкту, за формулою 3.7, ми визначили електричну потужність системи електричного інфрачервоного

обігріву для кожної кімнати квартири. Тепер проведемо розрахунок кількості обраної інфрачервоної плівки у м² необхідної для якісного обігріву кожної кімнати квартири. Важливо враховувати, що загальна електрична потужність інфрачервоної плівки у кімнаті не повинна бути меншою за розраховану електричну потужність інфрачервоної системи опалення конкретної кімнати, тобто:

$$\sum P_{\text{ІЧ-плівки}} \geq P, \quad (3.9)$$

де:

$\sum P_{\text{ІЧ-плівки}}$ – загальна електрична потужність обраної площі інфрачервоної плівки в конкретній кімнаті квартири, кВт;

P – розраховане значення електричної потужності системи електричного обігріву на базі інфрачервоної плівки конкретної кімнати квартири, яка необхідна для забезпечення якісного опалення, кВт.

Отже, використовуючи дані таблиці 3.2 та формулу 3.9, отримаємо результати по визначення необхідної площі електричної інфрачервоної плівки для забезпечення якісного обігріву у кожній із кімнат квартири, які зведемо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Визначення необхідної площі інфрачервоної плівки

Р кімнати, кВт	Тип ІЧ-плівки	Площа ІЧ-плівки, м ²	Р ІЧ-плівки на 1 м ² , кВт	Р ІЧ-плівки кімн., кВт
Хол				
1,52	Hi Heat	7	220	1,54
Ванна кімната				
0,47	Hi Heat	2,2	220	0,48
Вбиральня				
0,34	Hi Heat	1,6	220	0,35
Вітальня				
1,57	Hi Heat	7,2	220	1,58
Спальня кімната 1				
1,61	Hi Heat	7,4	220	1,63
Спальня кімната 2				
1,07	Hi Heat	5	220	1,1
Кухня-їдальня				
1,69	Hi Heat	7,7	220	1,69

Слід зазначити, що плівку в основному ми плануємо монтувати в підлогу, так як – це найбільш ефективний варіант з точки зору ефективності обігріву. Тому ми взяли найбільшу потужність інфрачервоної плівки, яку пропонує обраний нами виробник, через те, що її не можна розміщувати під меблями, а тому чим більша потужність плівки – тим менша площа, яку вона займатиме.

3.3 Вибір типу та розрахунок кількості терморегуляторів

Для досягнення комфортної температури в приміщенні недостатньо просто ввімкнути систему інфрачервоного обігріву. Кліматична техніка сама по собі не завжди здатна ефективно оцінити температурні умови навколишнього середовища. Тому, щоб оптимізувати роботу електричної інфрачервоної системи обігріву, з точки зору раціонального використання електроенергії та забезпечення потрібного температурного режиму, ми має вдосконалити її застосувавши терморегулятори.

Принцип роботи терморегуляторів досить простий. Він полягає в порівнянні фактичної температури, вимірюваної вбудованим датчиком, із заданою температурою. На основі цього порівняння приймається рішення про подачу або припинення електричного живлення системи обігріву приміщення. Якщо температура в приміщенні відрізняється від заданої, реле термостата включає систему електричного інфрачервоного обігріву, а після досягнення потрібного значення – відключає живлення від електромережі.

Терморегулятор може підтримувати конкретне значення температури або її певний діапазон, що визначається параметром гістерезису. Сьогодні існує багато типів і моделей терморегуляторів, оснащених численними додатковими функціями, такими як включення нагріву за таймером або програмування роботи згідно з певним графіком. Проте їх основний принцип роботи залишається простим.

Залежно від принципу керування, терморегулятори поділяються на два основні типи:

- механічні (див. рис. 3.3, а): працюють на основі механічного регулятора, зазвичай поворотного коліщатка, за допомогою якого встановлюють бажану температуру;
- цифрові (див. рис. 3.3, б): використовують електронний дисплей та кнопки для точного встановлення температури; можуть мати додаткові функції, такі як таймери та програмування графіків роботи.



а)



б)

Рисунок 3.3 – Типи терморегуляторів: а) – механічний; б) – цифровий

На даний момент, за способом монтажу розрізняють два основні типи терморегуляторів: розетковий, який встановлюється безпосередньо у розетку та настінний, який монтується на стіну (див. рис. 3.4).



а)



б)

Рисунок 3.4 – Типи терморегуляторів за способом монтажу:

а) розетковий; б) настінний

Розетковий терморегулятор – це найзручніший тип регуляторів, який являє собою невеликий блок, що вставляється в розетку, а вилка від електричного обігрівача підключається до самого регулятора. Однак, такі регулятори краще підходять для систем інфрачервоного обігріву на базі інфрачервоних панелей, що монтуються на стіни, а не для систем побудованих на електричний інфрачервоній плівці, яка монтується в підлогу.

Настінний регулятор дещо складніше встановити, але він значно зручніший для керування великою кількістю нагрівних елементів електричної системи обігріву. Крім того, його можна розташувати в будь-якому зручному місці на стіні. Він кріпиться до стіни за допомогою шурупів або встановлюється в монтажну коробку і підключається до електричних нагрівних елементів.

Для нашої системи інфрачервоного електричного обігріву кімнат квартири, настінний терморегулятор є ідеальним вибором. А ось буде він механічним або цифровим – вже не настільки важливо. В такому разі оберемо настінний механічний терморегулятор від європейської компанії-виробника Danfoss (див. рис. 3.5). Цей регулятор зарекомендував себе на ринку України, як порівняно недорогий та якісний варіант серед багатьох інших моделей настінних механічних терморегуляторів. У порівнянні з цифровими моделями, він значно дешевший, хоча й поступається їм у деяких функціональних можливостях.



Рисунок 3.5 – Терморегулятор компанії-виробника Danfoss

Підключення обраного типу та моделі терморегулятора до датчика, інфрачервоної плівки змонтованої в підлогу та мережі 220 В, слід ознайомитися з інструкцією, що додається до його комплекту. Місця встановлення терморегулятора і термодатчика необхідно підготувати завчасно відповідно до схеми показаній на рисунку 3.6. Термодатчик розташовують на відстані до 50 см від краю приміщення між шаром ізоляції та інфрачервоною плівкою, закріплюючи його ізоляційною стрічкою. Щоб мінімізувати ризик пошкодження головки датчика, рекомендується зробити поглиблення 5 мм у підлозі та тепловідбиваючій підкладці. Для правильної роботи датчика його бажано розташувати в зоні найменшої тепловіддачі.

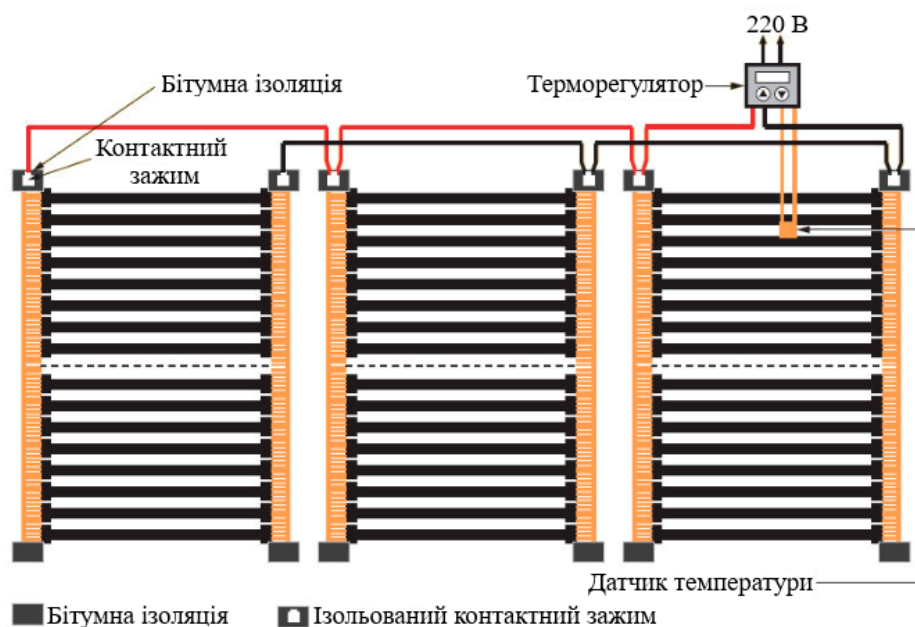


Рисунок 3.6 – Типова схема підключення терморегулятора до електричної інфрачервоної плівки змонтованої в підлогу

Тепер визначимо кількість терморегуляторів, необхідних для вдосконалення нашої системи інфрачервоного опалення. Для цього скористаємося таким співвідношенням:

$$n_{\text{терморег.}} = n_{\text{кімнат}} , \quad (3.10)$$

де:

$n_{\text{терморег.}}$ — необхідна кількість терморегуляторів, шт.;

$n_{\text{кімнат}}$ — кількість кімнат із елементами системи електричного інфрачервоного обігріву, шт.

Таким чином, згідно зі співвідношенням 3.10 і з огляду на те, що кількість кімнат з елементами системи інфрачервоного опалення становить 6, отримаємо:

$$n_{\text{терморег.}} = n_{\text{кімнат}} = 7 \text{ шт.}$$

					ДП.141.042.017.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

4 РЕЗЕРВНЕ ЖИВЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБІГРІВУ ТРИКІМНАТНОЇ КВАРТИРИ НА БАЗІ ІНФРАЧЕРВОНОЇ ПЛІВКИ

4.1 Вибір схеми впровадження системи резервного живлення

Резервне живлення нашої системи інфрачервоного обігріву ми плануємо будувати на базі сонячних панелей, які можна розмістити або ззовні на фасаді будівлі, або безпосередньо на даху. Для впровадження системи резервного живлення в рамках цього дипломного проєкту можна розглянути два поширені варіанти схеми реалізації:

- система з'єднана з мережею;
- автономно-мережева система.

Кожен з цих варіантів має свої переваги та недоліки, тому нижче ми розглянемо їх більш детально.

На рисунку 4.1 представлено схему функціонування системи з'єднаної з мережею реалізованої на сонячних панелях. При достатній кількості фотоелектричних модулів частина навантаження в такій системі може бути забезпечена за рахунок сонячної енергії. Фотоелектричні системи, підключені до мережі, зазвичай складаються з модулів, інвертора, кабелів, підтримувальної структури та електричного навантаження.

Власники фотоелектричної системи, підключеної до мережі, щомісяця купують та продають електроенергію. Енергія, згенерована фотоелементами, використовується на місці або подається в мережу. Коли власнику системи потрібно більше електроенергії, ніж вона виробляє (наприклад, ввечері), додаткова електроенергія автоматично постачається з мережі. Якщо ж система виробляє більше електроенергії, ніж її можуть спожити, то надлишок продається в мережу.

					ДП.141.042.017.ПЗ						
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	4 РЕЗЕРВНЕ ЖИВЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБІГРІВУ ТРИКІМНАТНОЇ КВАРТИРИ НА БАЗІ ІНФРАЧЕРВОНОЇ ПЛІВКИ			Літ.	Арк.	Аркушів	
Розробив		Миронюк Т.С.						У		42	77
Перевір		Антипчук Б.О.									
Н. Контр.		Антипчук Б.О.									
Затв.		Лавріщев О.О.						ЖАТФК, Гр. Е-42			

Таким чином, комунальна мережа виступає як резерв для фотоелектричної системи, подібно до акумулятора у автономній системі. Наприкінці місяця кредит за продану електроенергію знімається з рахунку за спожиту енергію.

Недоліком такої системи є відсутність акумуляторних батарей, тому вона може ефективно працювати як резервне живлення лише у світлий час доби.

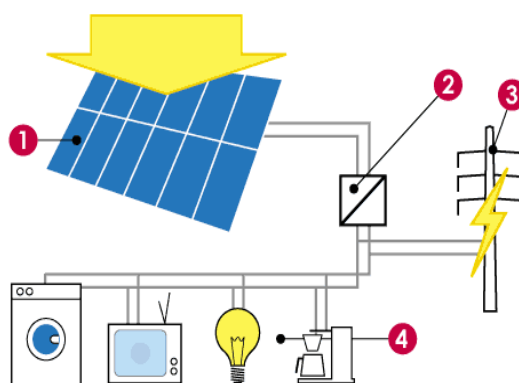


Рисунок 4.1 – Система з'єднана з мережею: 1 – сонячні панелі, 2 – інвертор, 3 – мережа, 4 – електричне навантаження

На рисунку 4.2 представлена автономно-мережева резервна сонячна система живлення. Її зазвичай використовують у місцях, де є підключення до мережі централізованого електропостачання, але сама мережа є ненадійною.

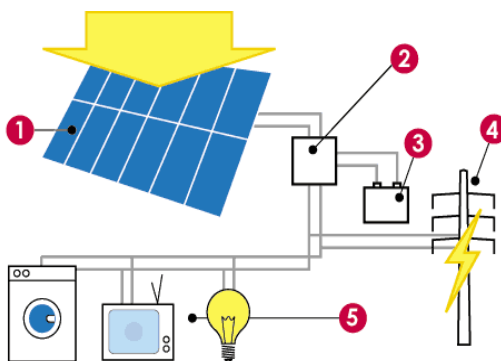


Рисунок 4.2 – Автономно-мережева система: 1– сонячні панелі, 2 – контролер заряду акумуляторних батарей + інвертор, 3 – акумуляторні батареї, 4 – мережа, 5 – електричне навантаження

У випадках відсутності напруги в основній мережі, автономно-мережева резервна система може використовуватися для забезпечення електропостачання. Потужність таких фотоелектричних систем залежить від енергетичних потреб для живлення важливого навантаження та тривалості періодів відключення від основної мережі.

Резервна автономно-мережева система електропостачання має кілька переваг:

- повне використання електроенергії, яка вироблена сонячними модулями;
- незалежність від тимчасових відключень основної електромережі;
- економія коштів завдяки продажу «чистої» енергії в мережу;
- надійне електропостачання.

Підсумовуючи, можемо сказати, що обидві представлені системи підходять для реалізації резервного живлення нашої інфрачервоної системи електрообігріву. Однак, ми зупиняємо свій вибір на автономно-мережевій системі резервного живлення. Ця система здатна накопичувати енергію, тому вона може забезпечити надійне електропостачання у будь-яку пору року та не залежить від наявності сонячного випромінювання в момент її роботи.

4.2 Визначення загальної тижневої спожитої потужності системою інфрачервоного обігріву квартири

Проектування резервного живлення системи електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки, слід розпочати із визначення загальної потужності, яку вона споживає за тиждень.

Першим, що необхідно для цього виконати – визначити загальну потужність обраної площі інфрачервоної плівки, оскільки вона може трохи відрізнятись в більшу сторону порівняно із даними отриманими за формулою 3.8. Інформацію про електричну потужність споживання інфрачервоної

плівки в кожній кімнаті квартири можна взяти із таблиці 3.3. Після чого використаємо формулу:

$$\sum P_{\text{іч_плівки}} = P_{\text{іч_плівки_кімн.1}} + P_{\text{іч_плівки_кімн.2}} + \dots + P_{\text{іч_плівки_кімн.N}} , \quad (4.1)$$

де:

$\sum P_{\text{іч_плівки}}$ – загальна електрична потужність всієї площі обраної електричної інфрачервоної плівки квартири, кВт;

$P_{\text{іч_плівки_кімн.N}}$ – загальна потужність всієї площі обраної електричної інфрачервоної плівки конкретної кімнати, кВт.

Отже, матимемо:

$$\sum P_{\text{іч_плівки}} = 1,54 + 0,48 + 0,35 + 1,58 + 1,63 + 1,1 + 1,69 = 8,37 \text{ кВт} .$$

Електричну потужність інфрачервоної системи обігріву, яку вона споживає за тиждень визначатимемо за допомогою формули:

$$P_{\text{сп_тиж.}} = n_{\text{рд}} \cdot n_{\text{рг/доба}} \cdot \sum P_{\text{іч_плівки}} , \quad (4.2)$$

де:

$P_{\text{сп_тиж.}}$ – тижнева потужність споживання системи електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки, кВт·год;

$\sum P_{\text{іч_плівки}}$ – загальна електрична потужність всієї площі обраної електричної інфрачервоної плівки квартири, кВт;

$n_{\text{рд}}$ – кількість робочих днів системи електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки, шт.;

$n_{\text{рг/доба}}$ – кількість робочих годин на добу системи електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки, год.

Слід зазначити, що в залежності від встановленої температури, інфрачервона система обігріву буде працювати від 10 хвилин до 30 хвилин кожну годину, при умові, що використовується терморегулятор. В нашому випадку така умова забезпечується, тому кількість робочих годин на добу нашої інфрачервоної системи обігріву приймемо рівною значенню: 10 год.

Отже за виразом 4.2 матимемо, що:

$$P_{\text{сп_тиж.}} = 7 \cdot 10 \cdot 8,37 = 585,9 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

4.3 Розрахунок кількості та вибір типу сонячних панелей

Сьогодні на ринку України можна побачити широкий асортимент вибору сонячних фото-модулів (панелей). Найпоширенішими з них є: монокристалічні та полікристалічні сонячні панелі.

Зображення монокристалічної панелі показано на рисунку 4.3. Такі сонячні панелі мають ряд переваг, а саме: вони компактні; високопродуктивні, навіть в умовах недостатньої освітленості вони мають високий коефіцієнт корисної дії; мають тривалий строк служби, який становить 25 – 30 років. Недоліком сонячних панелей такого типу є їхня вартість, яка значно вища у порівнянні із полікристалічними панелями.

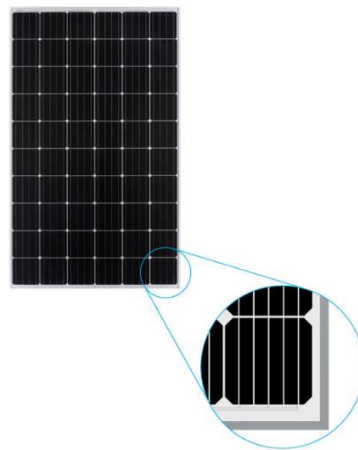


Рисунок 4.3 – Монокристалічна сонячна панель

На рисунку 4.4 показано зображення полікристалічної сонячної панелі. Полікристалічні панелі мають квадратну або прямокутну форму, а у монокристалічних панелей кути – закруглені. Полікристалічні сонячні панелі за своїми технічними характеристиками програють у всіх аспектах монокристалічним: їх продуктивність на 15 – 20 % нижча; коефіцієнт корисної роботи становить 12 – 22 % (у монокристалічних він складає 18 – 40 %). Але головною перевагою полікристалічних панелей є їхня вартість, яка врази менша ніж у монокристалічних.

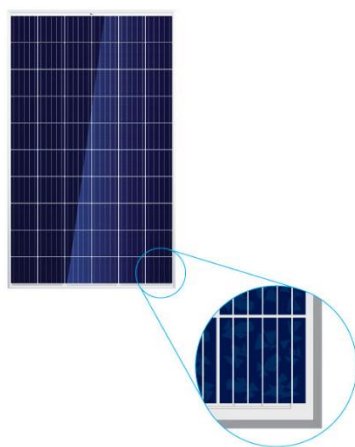


Рисунок 4.4 – Полікристалічна сонячна панель

Отже, враховуючи все вище сказане, оберемо для реалізації резервного живлення нашої системи електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки монокристалічні сонячні панелі. Незважаючи на те, що вони дорожчі ніж полікристалічні, в нашому випадку ми обмежені простором та місцем розташування сонячних панелей, а обраний нами тип панелей компактний та високопродуктивний. Тобто, при однаковій потужності сонячної установки, установка зібрана на монокристалічних панелях займатиме менше місця.

Наступним нашим кроком буде – визначити необхідну кількість монокристалічних сонячних панелей, яка нам необхідна. Для цього визначимо загальну потужність сонячних панелей, яка має забезпечити нашу систему резервного живлення протягом однієї години роботи:

$$P_{1\text{год}} = \frac{P_{\text{сп_тиж.}}}{168}, \quad (4.3)$$

де:

$P_{\text{сп_тиж.}}$ – тижнева потужність споживання системи електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки, кВт·год;

$P_{1\text{год}}$ – потужність сонячних панелей системи резервного живлення на одну годину роботи, кВт.

Отримаємо, що

$$P_{1\text{год}} = \frac{585,9}{168} = 3,5 \text{ кВт}.$$

Як бачимо з отриманого результати необхідна загальна потужність всіх сонячних панелей становить 3,5 кВт. Так як, ми обмежені місцем по їх встановленню, то чим менша кількість сонячних панелей в нашій резервній системі живлення буде задіяна – тим краще. Звідси, робимо висновок, що потужність однієї сонячної панелі має бути якомога більшою. Отже, оберемо серед можливих варіантів на ринку України монокристалічну панель компанії-виробника Longi Solar, модель LR5-72HPH-555M потужністю 555 Вт або 0,555 кВт (див. рис. 4.5).

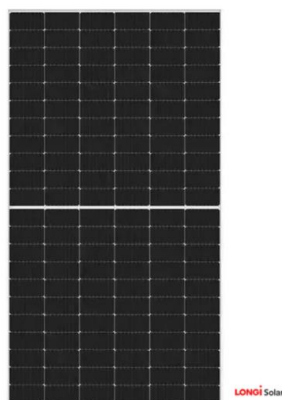


Рисунок 4.5 – Сонячна панель Longi Solar типу LR5-72HPH-555M

Тепер визначимо необхідну кількість сонячних панелей для реалізації нашої системи резервного живлення за формулою:

$$N_{\text{СП}} = \frac{P_{1200}}{P_{\text{СП}}}, \quad (4.4)$$

де:

$N_{\text{СП}}$ – кількість сонячних панелей LR5-72HPH-555M компанії-виробника Longi Solar типу, шт;

$P_{\text{СП}}$ – потужність однієї сонячної панелі LR5-72HPH-555M компанії-виробника Longi Solar, кВт.

В результаті отримаємо:

$$N_{\text{СП}} = \frac{3,5}{0,555} = 6,3 \text{ шт.}$$

На основі отриманих результатів ми бачимо, що нам потрібно більше шести сонячних панелей. Отже, остаточне рішення щодо необхідної кількості панелей приймаємо рівним $N_{\text{СП}} = 7$ шт.

4.4 Розрахунок інвертора та вибір його типу

Інвертори – це напівпровідникові прилади, призначені для перетворення електричної енергії постійного струму в електричну енергію змінного струму. Вони необхідні для споживачів, які працюють від напруги 220 В і 380 В відповідно. Усі сучасні моделі інверторів можна класифікувати на три основні типи: інвертори мережевого типу, інвертори автономного типу та гібридні інвертори. Інвертор мережевого типу оснащений генератором частоти, автономний інвертор повинен працювати синхронно з промисловою мережею, а гібридний інвертор поєднує функції обох попередніх типів.

Усі автономні інвертори перетворюють постійний струм акумуляторних батарей. Через це вхідна напруга таких інверторів повинна вибиратися з ряду номіналів: 12, 24, 48, 120 В та вище. Чим більше значення вхідної напруги, тим простіша конструкція інвертора і тим вищий його коефіцієнт корисної дії. Вимоги до форми вихідного сигналу автономних інверторів менш жорсткі. Важливим параметром автономного інвертора є залежність його коефіцієнта корисної дії від номіналу потужності підключеного навантаження. Іншими словами, коефіцієнт корисної дії не повинен значно знижуватися при підключенні навантаження, яке в десять разів менше за номінальну потужність самого інвертора.

Щодо інверторів мережевого типу, до їх вихідного сигналу висуваються дуже жорсткі вимоги. Для зменшення втрат при перетворенні постійного струму в змінний, такі інвертори зазвичай працюють при високих вхідних напругах. Оскільки їх вхідні кола живляться від нетрадиційного джерела електричної енергії, вони також оснащені регулятором відбору максимальної потужності.

Раніше, у підрозділі 4.1 цього дипломного проєкту, ми вже визначили схему впровадження системи резервного живлення та зупинилися на варіанті, який передбачає використання гібридного інвертора. Такий інвертор поєднує функціонал як автономного, так і мережевого інверторів, що необхідно для вирішення поставленої задачі. Однак, перед вибором моделі гібридного інвертора, визначимо енергію постійного струму з урахуванням втрат в інверторі та його потужність.

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

$$E_{\text{інверт.}} = k \cdot P_{\text{сп.тиж.}}, \quad (4.5)$$

де:

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

k – коефіцієнт втрат потужності інвертора, який приймають рівний значенню: $k = 1,2$;

$P_{\text{сп_тиж}}$ – тижнева потужність споживання системи електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки, кВт·год.

Отримаємо:

$$E_{\text{інверт.}} = 1,2 \cdot 585,9 = 703,1 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Далі визначимо необхідну потужність самого інвертора:

$$P_{\text{інверт.}} = \frac{E_{\text{інверт.}}}{n_{\text{рг/доба}} \cdot n_{\text{рд_інв.}}}, \quad (4.6)$$

де:

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

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

$n_{\text{рд_інв.}}$ – кількість робочих днів інвертора на тиждень.

Через те, що схема системи резервного живлення буде автономно-мережева, то інвертор при повній зарядці акумуляторних батарей все одно буде працювати, перетворюючи надлишкову вироблену електроенергію з подальшою передачею її до основної мережі, це означає що $n_{\text{рг/доба}}$ інвертора має становити 24 год., а кількість робочих днів інвертора $n_{\text{рд_інв.}} = 7$ днів.

Тоді за виразом 4.6 матимемо:

$$P_{\text{інверт.}} = \frac{793,1}{24 \cdot 7} = 4,7 \text{ кВт} \approx 5 \text{ кВт}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.141.042.017.ПЗ

Аркуш

51

Отже, з урахуванням вищезазначених результатів розрахунків, обираємо гібридний трифазний інвертор AXIOMA ENERGY потужністю 5 кВт, модель ISPWM5000 (див. рис. 4.6).



Рисунок 4.6 – Гібридний інвертор AXIOMA ENERGY моделі ISPWM5000

Технічні характеристики моделі інвертора AXIOMA ENERGY ISPWM5000 наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики інвертора AXIOMA ENERGY модель ISMPPT BF3000

Країна виробник	Китай
Номінальна потужність	5000 Вт
Номінальна вихідна напруга	$230 \pm 5\% \text{ В}$
Частота	50 / 60 Гц
Коефіцієнт корисної дії	93%
Час передачі	10-20 мс
Форма вихідної напруги	чиста синусоїда
Напруга батареї	24 В
Мінімальна робоча температура н.с.	-10 град.
Максимальна робоча температур н.с.	50 град.
Наявність контролера заряду розряду АБ	Так
Кількість фаз	3

Слід зазначити, що обрана модель інвертора в свої будові має контролер заряду/розряду акумуляторних батарей, що є досить важливим, так як розроблена система живлення буде більш компактною, а в нашому випадку – це важливий аспект.

4.5 Розрахунок та вибір типу акумуляторних батарей

Акумуляторні батареї є багаторазовими джерелами струму. Їх основна особливість полягає в тому, що після заряджання вони можуть працювати протягом певного часу, визначеного виробником.

Ємність акумулятора визначає, як довго батарея може жити пристрій і забезпечувати його автономну роботу при певному навантаженні. Вона впливає на вартість, область застосування та термін служби батареї. Ємність вимірюється в амперах на годину (А·год.).

Щоб визначити ємність акумуляторних батарей, необхідну для реалізації резервного живлення системи електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки, скористаємося стандартною формулою:

$$C_{\text{АБ_заг.}} = \frac{\sum P_{\text{іч_плівки}} \cdot t}{U \cdot k}, \quad (4.7)$$

де:

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

$\sum P_{\text{іч_плівки}}$ – загальна електрична потужність всієї площі обраної електричної інфрачервоної плівки квартири, Вт;

t – час роботи акумуляторних батарей, год.;

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

U – напруга акумуляторних батарей, В.

Коефіцієнт k , що компенсує неповний заряд батареї, зазвичай приймають рівним: $k = 0,95$.

Отже враховуючи дані за формулою 4.1, у відповідності до якої загальна електрична потужність всієї площі обраної електричної

інфрачервоної плівки квартири становить 8,37 кВт, а також, що час роботи акумуляторних батарей резервного живлення приймаємо рівним $t = 3$ год., напруга акумуляторних батарей $U = 24$ В (відповідно до вибраного інвертора), будемо мати, що:

$$C_{AB \text{ заг.}} = \frac{8,37 \cdot 10^3 \cdot 3}{24 \cdot 0,95} = 1101,3 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

На українському ринку представлений широкий асортимент акумуляторних батарей з різними ціновими категоріями, залежно від їх ємності. В нашому випадку ключову роль відіграє компактність, бо в квартирі немає стільки вільного, як, наприклад, при монтажу подібної системи в приватному будинку, тому, на мою думку, доцільно буде обрати акумуляторні батареї з великою ємністю. Чим більше ємність – тим менша площа, яку займатиме система резервного живлення. Однак, при цьому слід враховувати ціну акумуляторних батарей, яка теж зростає із збільшенням їх ємності.

Для використання в квартирі підходять кілька типів акумуляторних батарей. Перший тип – це AGM акумулятори: свинцево-кислотні батареї з абсорбованим електролітом. Вони безпечні, не потребують обслуговування і мають тривалий термін служби. Другий тип – це гелеві акумулятори (GEL): Електроліт у них міститься у густішому гелеподібному вигляді, що робить їх більш стійкими до вібрацій і ударів. Третій тип – це літій-залізо-фосфатні акумулятори (LiFePO_4): вони мають високу стабільність, низький рівень саморозряду і довгий термін служби. Ідеально підходять для резервного живлення.

Отже, до встановлення приймемо акумуляторні батареї компанії виробника LiFeR, тип LifeP04 (літій-залізо-фосфатна) з ємністю 220 А·год та напругою 24 В (див. рис. 4.7) . Середня вартість цієї батареї становить 32230 грн.



Рисунок 4.7 – Акумуляторна батарея LiFeR, тип LifeP04
24 В / 220 А·год

Далі розрахуємо необхідну кількість акумуляторних батарей обраної моделі за допомогою формули:

$$n_{AB} = \frac{C_{AB \text{ заг.}}}{C_{AB}}, \quad (3.8)$$

де:

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

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

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

Отримаємо:

$$n_{AB} = \frac{1101,3}{220} = 1,9 \text{ шт.} \approx 5 \text{ шт.}$$

4.6 Вибір пристрою автоматичного ввімкнення резерву

Пристрій автоматичного ввімкнення резерву (ABP) – це пристрій, який автоматично перемикає живлення навантаження між кількома незалежними джерелами електроживлення, якщо вхідна напруга виходить за допустимі межі. Блок керування ABP аналізує стан поточної мережі живлення та, у разі

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.141.042.017.ПЗ

Аркуш

несправностей, видає відповідні команди комутуючим елементам для перерозподілу живлення.

Блок керування АВР може бути побудований з використанням реле (напруги, контролю фаз або часу) або програмованих контролерів. Як комутатори зазвичай використовують магнітні або тиристорні контактори, автоматичні та керовані вимикачі з моторизованими приводами, соленоїдні рубильники тощо. Для запобігання одночасному включенню резервного та основного живлення, пристрої АВР оснащені електричним та механічним блокуванням контакторів. Електричне блокування реалізується за допомогою допоміжних реле, які підключені до шин живлення комутаторів. Механічне блокування встановлюється безпосередньо на контактори та блокує їх рухомі елементи.

На сьогоднішній день є багато різних компаній-виробників пристроїв АВР. Наше завдання полягає у виборі відповідного пристрою, враховуючи проведені розрахунки та обране обладнання для резервного живлення нашої системи інфрачервоного обігріву. Особливу увагу слід приділити номінальній загальній потужності сонячних панелей: 7 панелей по 555 Вт кожна, тобто 3885 Вт або 3,9 кВт.

Отже, оберемо для наших цілей пристрій автоматично введення резерву у вигляді Hyundai ATS-125A який показано на рисунку 4.8.



Рисунок 4.8 – пристрій (щит) АВР Hyundai ATS-125A

Обраний нами АВР зібраний у невеликому щиті, його технічні характеристики наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики пристрою (щита) АВР Hyundai ATS-125A

Фазність мережі	Трьохфазний / однофазний
Максимальна потужність системи резервного живлення (генератора, ВЕУ, ФЕУ), Вт	До 5000 Вт
Максимальний струм системи резервного живлення (генератора, ВЕУ, ФЕУ), А	До 100 А
Номінальна частота мережі	50 Гц
Напруга мережі	220 /380 В
Ступінь захисту	ІР 54
Виробник	Японія

5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ

5.1 Визначення капітальних витрат на реалізацію інфрачервоної системи електричного обігріву

у цьому дипломному проєкті була розроблена система електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки з резервним живленням від сонячних панелей. Тому завдання, яке полягає в даному розділі – це визначити капітальні та експлуатаційні витрати на впровадження даної системи, а також розрахувати термін її окупності. Крім того, потрібно оцінити економічну вигідність цієї системи.

Оцінка вартості обладнання, яке буде використовуватися в системі, є важливою. Також слід врахувати витрати на обслуговування елементів системи протягом усього терміну її експлуатації (15 років) і витрати на заміну елементів. Оскільки наша система забезпечена резервним живленням, заміна акумуляторних батарей буде проводитися через 10 років роботи системи. Витрати на обслуговування елементів системи приймаються у розмірі 1% від вартості обладнання.

Під час аналізу кошторису, першочергово слід визначити загальну річну вартість системи (Total Annualized Cost, TAC) за таким принципом:

$$TAC = \frac{TLCC}{CPWF}, \quad (5.1)$$

де:

TLCC (Total Life Cycle Cost) – сукупна вартість системи за весь період її експлуатації;

					ДП.141.042.017.ПЗ		
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Миронюк Т.С.				5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ		
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						
Затв.	Лавріщев О.О.						
						Літ.	Арк.
						У	58
							77
						ЖАТФК, Гр. Е-42	

CPWF (Cumulative Present Worth Factor) – комбінований фактор фактичної вартості.

У таблиці 5.1 наведені всі капітальні витрати на реалізацію розробленої системи в рамках цього дипломного проєкту.

Таблиця 5.1 – Капітальні витрати проєкту

№	Назва технічних матеріалів	кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн..
Система інфрачервоного обігріву				
1	Інфрачервона плівка Hi Heat	38,1 м ²	380 грн. / 1 м ²	14478 грн.
2	Терморегулятор Danfoss	7 шт.	710 грн.	4970 грн.
Всього по системі:				19448 грн.
Система резервного живлення				
1	Сонячна панель Longi Solar типу LR5-72HPH-555M	7 шт.	3300 грн.	23100 грн.
2	Акумуляторна батарея LiFeR, тип LifeP04 24 В / 220 А·год	5 шт.	32230 грн.	161150 грн.
3	Гібридний інвертор AXIOMA ENERGY / ISPWM5000	1 шт.	18000 грн.	18000 грн.
4	ABP Hyundai ATS-125A	1 шт.	10000 грн.	10000 грн.
Всього по системі:				212250 грн.
Всього загальна вартість				231698 грн.

Капітальні вкладення – це фінансові ресурси, що використовуються для створення та придбання основних засобів і нематеріальних активів, які підлягають амортизації. Капітальні вкладення є необхідними для впровадження запропонованої системи та є одним із найважливіших показників, які використовуються для економічної оцінки ефективності системи.

Розрахунок вартості монтажних та налагоджувальних робіт здійснюємо за формулою:

$$K_{MN} = \sum (C_i \cdot a \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{CM} \cdot K_{PP}, \quad (5.2)$$

де:

C_i – кількість працівників i -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних) робіт;

a – годинна тарифна ставка працівників i -го розряду, грн.;

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

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

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

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

Вартість монтажно-налагоджувальних робіт будемо розраховувати відповідно до основних договірних цін і розцінок промислової групи компаній «Mtservice», яка спеціалізується на монтажі та налагодженні систем електричного інфрачервоного опалення та систем альтернативного електропостачання. Відповідно, отримаємо, що:

$$K_{MH_Ч\text{ обігріву}} = (2 \cdot 135,8 \cdot 12) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,5 = 6561 \text{ грн.}$$

$$K_{MH_РЖ} = (2 \cdot 135,8 \cdot 8) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,5 = 4374 \text{ грн.}$$

Транспортні витрати розраховуються відповідно до тарифів перевізника ТОВ «Делівері», маси вантажу та відстані до складів постачальника. Згідно з розрахунками перевізника, доставка 6 вантажних місць загальною масою до 5000 кг коштуватиме 5500 грн.

Визначимо капітальні витрати на систему інфрачервоного обігріву та систему резервного живлення за допомогою наступної формули:

$$K = K_{OB} + K_{TP} + K_{MH} , \quad (5.3)$$

де:

K_{OB} – вартість обладнання для зведення витрат (без ПДВ), грн.;

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

					ДП.141.042.017.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

K_{MH} – витрати на монтаж та налагодження обладнання, грн.

Отримаємо, що:

$$K_{(IЧ\text{ обігріву})} = 19448 + 5500 + 6561 = 31509 \text{ грн};$$

$$K_{(РЖ)} = 212250 + 5500 + 4374 = 222124 \text{ грн};$$

$$K_{(IЧ\text{ обігріву}+РЖ)} = K_{IЧ\text{ обігріву}} + K_{РЖ} = 31509 + 222124 = 253633 \text{ грн.}$$

Таким чином, капітальні витрати на систему інфрачервоного обігріву та її резервне живлення становлять загалом 253633 грн.

5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на впровадження інфрачервоної системи електричного обігріву

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на функціонування та обслуговування об'єкта проектування протягом певного періоду, виражені у грошовій формі. До основних статей експлуатаційних витрат на електротехнічне обладнання належать: амортизаційні відрахування (C_a); вартість споживаної електроенергії (C_e); основна й додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу та внески на соціальні заходи ($C_з$); витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання (C_T); інші витрати ($C_{ін}$). Таким чином, річні експлуатаційні витрати об'єкта проектування становлять:

$$C = C_a + C_e + C_з + C_T + C_{ін} . \quad (5.4)$$

У цьому проєкті розроблена система інфрачервоного обігріву та її резервне живлення є повністю автономними і не потребує постійної присутності оператора або обслуговуючого персоналу. Усі планові роботи з обслуговування виконуватиме власник квартири, тому статті витрат C_3 та $C_{ін}$ дорівнюють нулю.

Амортизаційні відрахування нараховуються, виходячи з тривалості використання розробленої системи, очікуваного економічного прибутку, її якісних технічних характеристик, фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на її використання. Термін якісного використання впроваджуваного обладнання системи інфрачервоного обігріву становить 15 років, а от для системи її резервного живлення цей термін менший, він становить 10 років через те, що необхідно буде замінити акумуляторні батареї. Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом всього амортизаційного періоду і дорівнює:

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

де:

T_n – період якісного використання системи (амортизаційний період), років;
 K – капітальні витрати на розроблену систему, грн.

Отримаємо, що:

$$H_a \text{ (ІЧ обігріву)} = \frac{31509}{31509 \cdot 15} \cdot 100\% = 6,7 \, \% .$$

$$H_a \text{ (РЖ)} = \frac{222124}{222124 \cdot 10} \cdot 100\% = 10 \, \% .$$

$$H_a \text{ (ІЧ обігріву+РЖ)} = \frac{253633}{253633 \cdot 12,5} \cdot 100\% = 8 \, \% .$$

					ДП.141.042.017.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Отже, річні амортизаційні відрахування для розробленої системи розраховуємо за допомогою наступної формули:

$$C_a = \frac{K \cdot H_a}{100}, \quad (5.6)$$

де:

H_a – норма амортизації, %;

K – капітальні витрати на розроблену систему, грн.

Будемо мати, що:

$$C_{a \text{ (ІЧ обігріву)}} = \frac{31509 \cdot 6,7}{100} = 2111,1 \text{ грн ;}$$

$$C_{a \text{ (РЖ)}} = \frac{222124 \cdot 10}{100} = 22212,4 \text{ грн ;}$$

$$C_{a \text{ (ІЧ обігріву+РЖ)}} = \frac{253633 \cdot 8}{100} = 20291 \text{ грн .}$$

Тепер визначимо річні витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт. Річні витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним працівникам та становлять 1% від загальної суми капітальних витрат:

$$C_T = 0,01 \cdot K . \quad (5.7)$$

Отримаємо:

$$C_{T \text{ (ІЧ обігріву)}} = 0,01 \cdot 31509 = 315,1 \text{ грн.};$$

$$C_{T \text{ (РЖ)}} = 0,01 \cdot 222124 = 2221,2 \text{ грн.};$$

$$C_{T \text{ (ІЧ обігріву+РЖ)}} = 0,01 \cdot 253633 = 2536,3 \text{ грн.}$$

Розрахунок річних експлуатаційних витрат для об'єкта проектування здійснюється за формулою 5.4, вони становлять:

$$C_{\text{(ІЧ обігріву)}} = 2111,1 + 0 + 0 + 315,1 = 2426,2 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{(РЖ)}} = 22212,4 + 0 + 0 + 2221,2 = 24433,6 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{(ІЧ обігріву+РЖ)}} = 20291 + 0 + 0 + 2536,3 = 22827,3 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок терміну окупності розробленої системи інфрачервоного електричного обігріву

Загальна електрична потужність розробленої в даному дипломному проекті інфрачервоної системи обігріву становить 8370 Вт. За годину своєї роботи вона споживає 8,37 кВт·год електроенергії. В залежності від рівня утеплення приміщення, наявності терморегуляторів та рекуператорів повітря, така система може працювати від 4 до 10 годин на добу. Але при цьому враховуємо, що приміщення має високі показники додаткового утеплення, адже перед монтажем будь-якої системи обігріву це є першочерговим завданням.

Отже, розрахуємо суму в грн. за місяць, яку необхідно сплатити за опалення квартири розробленою системою інфрачервоного електричного обігріву:

$$M_{\text{ІЧ с.о.}} = P_{\text{заг.}} \cdot t \cdot n_{\text{днів}} \cdot E_{\text{ІЧ о.п.}}, \quad (5.8)$$

де:

$M_{\text{ІЧ с.о.}}$ – місячні витрати на опалення розробленою інфрачервоною системою електричного обігріву, грн.;

$P_{\text{заг.}}$ – загальна електрична потужність розробленої системи інфрачервоного електричного обігріву, кВт;

t – час роботи розробленої системи інфрачервоного електричного обігріву, год./добу;

$n_{\text{в.заг.}}$ – кількість робочих днів розробленої системи інфрачервоного електричного обігріву за місяць (приймаємо 30 днів);

$E_{\text{ІЧ о.п.}}$ – тарифна ставка за електроенергію, яка споживається розробленою інфрачервоною системою опалення, вона на сьогодні становить 4,32 грн/кВт·год.

Матимемо, що:

$$M_{\text{ІЧ с.о.}} = 8,37 \cdot 5 \cdot 30 \cdot 4,32 = 5423,76 \text{ грн.}$$

Структура резервного живлення для нашої інфрачервоної системи обігріву квартири, яку ми спроектували та розробили, є автономно-мережевою. Це означає, що енергія, вироблена завдяки йому, буде використовуватися для живлення інфрачервоної плівки, деяка частина енергії піде на заряджання акумуляторних батарей, а надлишок, за наявності, може бути переданий до міської електромережі.

Відповідно до Закону України №514-VIII, ухваленого 04.06.2015 р., та постанови НКРЕКП №725 від 25.03.2020 р., встановлено наступні ставки «зеленого» тарифу: з 1 січня 2023 року до 31 грудня 2024 року ставка становитиме 0,163 євро або 6,81 гривні.

Розрахуємо річний обсяг виробництва електроенергії нашою системою альтернативного енергозабезпечення, використовуючи наступну формулу:

$$W = P_{\text{СП}} \cdot N_{\text{СП}} \cdot n_{\text{днів}} \cdot n_{\text{світл.год.}} \quad (5.9)$$

де:

W – річний обсяг виробництва електроенергії розробленою системою резервного живлення, кВт·год;

$N_{\text{СП}}$ – кількість сонячних панелей LR5-72HPH-555M компанії-виробника Longi Solar типу, шт;

$n_{\text{днів}}$ – кількість днів в році, шт.;

$P_{\text{СП}}$ – потужність однієї сонячної панелі LR5-72HPH-555M компанії-виробника Longi Solar, кВт;

$n_{\text{світл.год.}}$ – середня кількість світлих годин на добу (від 8 до 18 год/доб.).

Будемо мати, що:

$$W = 555 \cdot 7 \cdot 365 \cdot 12 = 17016300 \text{ Вт} = 17016,3 \text{ кВт}.$$

Таким чином, щорічний дохід при експлуатації системи інфрачервоного обігріву трикімнатної квартири з резервним живлення від сонячних панелей становитиме:

$$Y_{\text{розробленої системи}} = 6,81 \text{ грн} \cdot W - n_{\text{місяців}} \cdot M_{\text{ІЧ с.о.}}, \quad (5.10)$$

де:

					ДП.141.042.017.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

$Y_{\text{розробленої системи}}$ – щорічний дохід від експлуатації розробленої системи інфрачервоного обігріву трикімнатної квартири з резервним живлення від сонячних панелей, грн.;

$n_{\text{місяців}}$ – період опалювального сезону (кількість місяців), шт.

Отримаємо:

$$Y_{\text{розробленої системи}} = 6,81 \text{ грн} \cdot 17016,3 - 6 \cdot 5423,76 = 83338,44 \text{ грн}.$$

Для розрахунку терміну окупності розробленої системи скористаємось виразом:

$$T_{\text{резервне живлення}} = \frac{K}{Y_{\text{розробленої системи}}}, \quad (5.11)$$

Матимемо, що:

$$T_{\text{резервне живлення}} = \frac{253633}{83338,44} = 3 \text{ роки}.$$

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Охорона праці під час монтажу та експлуатації інфрачервоної плівки для підлоги

Інфрачервона плівка для підлоги користується великою популярністю як спосіб обігріву приміщень. Однак для забезпечення безпеки під час її монтажу та використання важливо дотримуватися певних правил і заходів безпеки.

Під час монтажу інфрачервоної плівки для підігріву підлоги необхідно дотримуватись таких мір безпеки: провести інструктаж із охорони праці; у приміщенні повинна бути організована належна вентиляція та освітлення; переконатися, що електропроводка в приміщенні витримає додаткове навантаження від системи підігріву; відключити електроживлення; перевірити цілісність плівки та відсутність пошкоджень; підготувати необхідні інструменти та матеріали: плівка, терморегулятор, ізоляційні матеріали, клейка стрічка, ножиці, ніж, рулетка.

Укладається плівка на рівну та чисту поверхню, не допускається перегинання чи пошкодження плівки. Відстань між смугами плівки повинна бути не менше 5 см, місця з'єднання плівки необхідно ізолювати спеціальною стрічкою.

Підключення плівки до терморегулятора слід здійснити відповідно до інструкції виробника. Необхідно використовувати тільки якісні матеріали та інструменти. Після підключення необхідно перевірити чи працює система.

Під час експлуатації інфрачервоної плівки необхідно також дотримуватися певних правил:

- не допускається накривати плівку важкими предметами;

					<i>ДП.141.042.017.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Миронюк Т.С.			6 ОХОРОНА ПРАЦІ		
Перевір		Антипчук Б.О.					
Н. Контр.		Антипчук Б.О.					
Затв.		Лавріщев О.О.					
						Літ.	Арк.
						У	68
							77
						ЖАТФК, Гр. Е-42	

- регулярно перевіряти стан плівки та терморегулятора;
- у разі виявлення пошкоджень необхідно відключити систему та звернутися до фахівця;
- не використовувати плівку у вологих приміщеннях без додаткової ізоляції;
- уникати контакту плівки з водою та іншими рідинами;
- у разі пожежі необхідно негайно відключити електроживлення.

Перед монтажем обов'язково ознайомитися з інструкцією виробника. Монтаж повинні здійснювати лише кваліфіковані працівники, також регулярно проводити технічне обслуговування системи.

У разі загоряння негайно вимкнути живлення та викликати пожежну службу. При ураженні електрострумом потерпілому слід надати першу допомогу та викликати медиків. Якщо система раптово перестала працювати, перевірити термостат і електроживлення, не намагаючись усунути проблему самостійно без відповідної кваліфікації.

Там, де використовується інфрачервона плівка, потрібно встановити детектор диму в приміщенні, мати обов'язково вогнегасник. У разі пожежі негайно телефонуйте за номером 101.

Інфрачервона плівка є безпечним нагрівальним приладом, якщо вона використовується відповідно до інструкцій виробника. Дотримання цих запобіжних заходів допоможе вам запобігти пожежі та забезпечити безпечне використання інфрачервоної плівки.

6.2 Безпека праці при монтажі та експлуатації сонячних панелей

Установка та використання сонячних панелей є ключовими етапами в застосуванні відновлювальної енергії. Однак ці процеси супроводжуються певними ризиками, які слід враховувати для забезпечення безпеки працівників і тривалої експлуатації обладнання.

Безпека праці під час монтажу та експлуатації сонячних панелей є надзвичайно важливою для уникнення нещасних випадків і забезпечення належної роботи обладнання. Основні аспекти безпеки охоплюють такі заходи.

Монтаж сонячних панелей зазвичай передбачає виконання робіт на висоті, що збільшує ймовірність падіння. Щоб уникнути цього, важливо використовувати спеціалізоване обладнання, таке як: запобіжні пояси, троси, карабіни, захисні бар'єри, монтажні платформи та каски. Працівники повинні пройти відповідну підготовку та отримати інструктаж з безпеки при виконанні робіт на висоті.

Сонячні панелі генерують електричний струм, тому важливо дотримуватися правил електробезпеки під час їх встановлення. Працівники повинні використовувати діелектричні інструменти та засоби індивідуального захисту, зокрема діелектричні рукавички та взуття. Перед початком робіт слід перевірити, чи немає напруги на проводах і обладнанні.

Установка сонячних панелей може проводитися в різних погодних умовах, включаючи дощ, сніг або сильний вітер. Ці фактори можуть ускладнити процес роботи та збільшити ризик травм. Тому важливо враховувати погодні умови та вживати необхідні заходи безпеки, такі як носіння спеціального одягу та взуття, а також надійне закріплення обладнання, щоб уникнути його падіння.

Установка сонячних панелей може супроводжуватися великим фізичним навантаженням, особливо під час транспортування та монтажу важких панелей. Щоб уникнути травм, важливо використовувати спеціалізоване обладнання для підйому та переміщення вантажів, а також дотримуватися ергономічних норм праці.

При експлуатації сонячних панелей слід регулярно проводити технічний огляд. Регулярне технічне обслуговування сонячних панелей є ключовим для забезпечення їхньої безпечної та ефективної роботи. Перевірка стану панелей, проводів і з'єднань дає змогу своєчасно виявити та усунути

потенційні проблеми, такі як пошкодження ізоляції, корозія контактів або інші дефекти.

Сонячні панелі можуть забруднюватися пилом, брудом або снігом, що знижує їх ефективність. Регулярне очищення панелей допомагає підтримувати їх оптимальну продуктивність. Однак, процес очищення може бути пов'язаний з ризиком падіння з висоти або ураження електричним струмом. Тому важливо дотримуватися правил безпеки під час виконання цих робіт.

Сонячні панелі, подібно до іншого електрообладнання, можуть бути джерелом пожежної небезпеки. Щоб уникнути виникнення пожеж, важливо дотримуватися правил пожежної безпеки під час монтажу та експлуатації сонячних панелей. Це включає використання вогнестійких матеріалів, забезпечення наявності засобів для гасіння пожеж та регулярну перевірку стану обладнання: наявності тріщини, корозії або інші пошкодження. Також помилки під час встановлення, такі як неправильне підключення або недостатнє кріплення, можуть спричинити перегрів та загоряння. Також екстремальні погодні умови, такі як сильний вітер або град, можуть пошкодити панелі та спричинити коротке замикання.

Сонячні панелі здатні створювати перенапругу, що може завдати шкоди обладнанню або викликати пожежу, тому треба слідкувати, щоб не було перевищення допустимого рівня напруги. Щоб убезпечити себе від перенапруги, важливо використовувати спеціалізовані захисні пристрої, наприклад, розрядники перенапруги. Також слід перевіряти температурний режим інверторів.

У разі виявлення загоряння на сонячних панелях негайно телефонуйте за номером 101. Якщо можливо, то потрібно безпечно вимкніть електроживлення сонячних панелей та дочекайтеся прибуття пожежників, які мають необхідне обладнання та навички для гасіння пожеж на сонячних панелях.

Необхідно пам'ятати, що дотримання правил пожежної безпеки під час експлуатації сонячних панелей є запорукою безпеки та збереження майна.

Виконання цих правил безпеки сприятиме захисту працівників під час монтажу та експлуатації сонячних панелей, а також забезпечить тривалу та ефективну роботу обладнання.

					ДП.141.042.017.ПЗ	Аркуш
						72
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У цьому дипломному проєкті була розроблена система електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки з резервним живленням від сонячних панелей.

У процесі виконання цього дипломного проєкту було проведено порівняльний аналіз різних типів сучасних систем обігріву житлових приміщень та обґрунтовано вибір саме електричної інфрачервоної плівки, як основи для нашої розробленої системи обігріву. Було розраховано необхідну електричну потужність для забезпечення якісного опалення кожної із кімнат квартири, відповідно до чого визначено необхідну площу інфрачервоної плівки, кількість терморегуляторів, а також обґрунтовано вибір їх типів та виробників.

Враховуючи, що інфрачервона система обігріву була розроблена для повної заміни традиційної системи опалення житлового приміщення, було вирішено розробити та розрахувати систему резервного живлення, що базується на сонячних панелях. Це необхідно через те, що функціонування інфрачервоної системи повністю залежить від наявності електроенергії в мережі її живлення. До того ж, при розробці резервного живлення ми обрали автономно-мережеву структуру її електропостачання, що позитивно вплинуло на термін окупності всієї спроектованої системи інфрачервоного обігріву, так як він становить 3 роки, тобто обрана нами структура дозволяє продавати в основну мережу надлишок електроенергії, що й зіграло позитивну роль при його розрахунку.

					ДП.141.042.017.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ		
Розробив	Миронюк Т.С.						
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						
Затв.	Лавріщев О.О.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					У	73	77
					ЖАТФК, Гр. Е-42		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альтернативні джерела енергії та технології їх використання : підручник / В. В. Клименко, В. П. Солдатенко, С. П. Плешков [та ін.] ; за ред. В. В. Клименка. Кропивницький : Ексклюзив-Систем, 2023. – 268 с.
2. Балансова надійність електричної мережі з фотоелектричними станціями : монографія / П Д. Лежнюк, В. О. Комар, С. В. Кравчук та ін. Вінниця : Вінницький нац. техн. ун-т, 2018. 136 с.
3. Батрак Л. М., Ромашко В. Я. Регульовальні характеристики зарядного пристрою акумулятора сонячної батареї / Л. М. Батрак, В. Я. Ромашко // Мікросхеми, електроніка та акустика. 2019. Т. 24, № 4. С. 25-31.
4. Гаєвський О. Ю. Система вимірювання параметрів фотоелектричних модулів в реальних умовах експлуатації / О. Ю. Гаєвський, В. Ю. Іванчук, І. О. Корнієнко // Відновлювана енергетика. 2019. № 2. С. 32-39.
5. Гаєвський О. Ю. Фотоенергетика. Ч. І. Сонячна радіація і фотоелектричні модулі [Електронний ресурс] : підручник / О. Ю. Гаєвський. Київ : КПІ імені Ігоря Сікорського, 2023. 150 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/11874d49-250c-45c6-84a2-203c546e3104/content>
6. Інфрарчервона тепла підлога під плитку: монтаж та рекомендації. URL: <https://in-heat.kiev.ua/statti-ua/plivkova-pidloga-pid-plitku/?srsltid>
7. Інфрарчервона тепла підлога під плитку. Робити чи ні? URL: <https://leto.net.ua/ua/infrachervona-tepla-pidloga-pid-plitku-robiti-chi-ni.html>
8. Комбіновані фотоенергетичні системи : монографія / Р. В. Зайцев, Г. С. Хрипунов, М. В. Кіріченко, А. В. Меріуц ; Нац. техн. ун-т "Харківський політехнічний інститут". Харків : ФОП Бровін О. В., 2020. 323 с

					<i>ДП.141.042.017.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Миронюк Т.С.				СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ		
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						
Затв.	Лавріщев О.О.						
						Літ.	Арк.
						У	74
							77
						ЖАТФК, Гр. Е-42	

9. Монтаж інфрачервоної плівки під ламінат : фотоінструкція. URL: <https://in-heat.kiev.ua/statti-ua/tepla-pidloga-pid-laminat-montaj/?srsltid>
10. Монтаж інфрачервоної плівкової теплої підлоги. URL: <https://teplahatka.com/ua/blog/montazh-infrakrasnogo-plenochного-tepлого-pola>
11. Сегеда М. С. Нетрадиційні та відновлювальні джерела електроенергії : навч. посібник / М. С. Сегеда, М. Й. Олійник, О. Б. Дудурич. Львів : Львівська політехніка, 2019. 204 с.
12. Як вибрати інфрачервону теплу підлогу? URL: <https://polcity.com.ua/ua/blog-news/kak-vybrat-infrakrasnyj-teplyj-pol>

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

					ДП.141.042.017.ПЗ							
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	Перелік елементів. Схема електрична принципова. Резервне живлення системи електричного обігріву трикімнатної квартири на базі інфрачервоної плівки (ДОДАТОК А)					Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Миронюк Т.С.									У	76	77
Перевір	Антипчук Б.О.											
Н. Контр.	Антипчук Б.О.									ЖАТФК, Гр. Е-42		
Зав.	Лавріщев О.О.											

[illegible]