

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Відділення "Електрифікація та інформаційні системи"

Кафедра “Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка”

До захисту допущено
завідувач кафедру
Інна НЕЗДВЕЦЬКА

“ ” 2024 року

Пояснювальна записка

до дипломного проекту

освітньо-професійний ступінь: фаховий молодший бакалавр

спеціальність: 141 “ Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка ”

на тему: “ Енергозберігаюча система освітлення офісного приміщення з
резервним живленням від сонячних панелей ”

Виконав: студент IV курсу, групи Е-42

спеціальності

141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”

_____ Дмитро ЦАЛКО

Керівник проекту _____ Богдан АНТИПЧУК

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Житомир – 2024 року

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри
Інна НЕЗДВЕЦЬКА

“___” _____ 2024 року

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

Цалку Дмитру Вячеславовичу

1. Тема дипломного проекту “Енергозберігаюча система освітлення офісного приміщення з резервним живленням від сонячних панелей” та керівник дипломного проекту Антипчук Богдан Олександрович, затверджені наказом навчального закладу від 25 жовтня 2023 року, №434у.
2. Строк подання студентом проекту “___” червня 2024 року.
3. Вихідні дані до роботи: план офісного приміщення.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
 - Вступ;
 - Аналіз існуючих енергоефективних технічних рішень в системах внутрішнього освітлення;
 - Енергозберігаюча система освітлення офісного приміщення;
 - Резервне живлення енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення;
 - Обґрунтування економічної ефективності проекту;
 - Охорона праці;
 - Висновки.
5. Перелік візуального та графічного матеріалу:
 - Схема електрична структурна. Енергозберігаюча система освітлення офісного приміщення з резервним живленням від сонячних панелей.
 - Схема електрична принципова. Резервне живлення енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення.

6. Консультанти розділів проекту:

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Вступ.	9.11.2023р.	
2.	Розділ 1	30.11.2023р.	
3.	Розділ 2	20.12.2023р.	
4.	Розділ 3	29.01.2024р.	
5.	Розділ 4	29.02.2024р.	
6.	Розділ 5	27.03.2024р.	
7.	Висновки	10.04.2024р.	
8.	Графічна частина та технічна документація	29.05.2024р.	

Студент: _____ Дмитро ЦАЛКО

Керівник проекту: _____ Богдан АНТИПЧУК

[illegible]

“ Енергозберігаюча система освітлення офісного приміщення з резервним живленням від сонячних панелей ”

РЕФЕРАТ

Дипломний проект складається із 96 листів пояснювальної записки, яка включає п'ять розділів та графічну частину виконану на 2 листах формату А1 креслярського паперу.

У першому розділі даного дипломного проекту було проведено порівняльний аналіз різних типів джерел світла систем внутрішнього освітлення та розглянуто можливі енергозберігаючі технічні рішення, які можна було б використати під час проектування.

У другому розділі було проведено розрахунок системи енергозберігаючого освітлення офісного приміщення. В процесі цього розрахунку було визначено необхідну кількість LED-світильників, а також кількість датчиків освітленості та руху для кожної кімнати офісного приміщення. Також було обґрунтовано вибір типів та моделей всього обладнання, що використовується в розроблюваній системі.

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

У четвертому розділі проведено розрахунок економічної ефективності розробленої енергозберігаюча система освітлення офісного приміщення з резервним живленням від сонячних панелей, а саме: визначено капітальні затрати, експлуатаційні витрати та термін окупності розробленої системи.

У п'ятому розділі описано правила протипожежної безпеки при роботі з електрообладнанням використаним в даному дипломному проекті, заходи безпеки під час виконання електромонтажних робіт, а також правила та дії стосовно надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ В СИСТЕМАХ ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ	10
1.1 Енергоефективність освітлювальних установок з різними типами джерел світла	10
1.2 Порівняльний аналіз різних типів джерел світла систем внутрішнього освітлення	13
1.3 Рішення з енергозбереження в системах освітлення	17
1.3.1 Впровадження світлодіодних та люмінесцентних ламп	18
1.3.2 Встановлення електронних пристроїв для пуску та регулювання	20
1.3.3 Використання світлової віддачі ламп	21
1.3.4 Системи автоматичного регулювання освітлення, що змінюються в залежності від зовнішніх факторів	22
1.3.5 Підтримка ефективності роботи системи освітлення	26
2 ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ ОФІСНОГО ПРИМІЩЕННЯ	27
2.1 Вихідні дані проекту	27
2.2 Розрахунок необхідного рівня освітленості кімнат офісного приміщення	29
2.3 Розрахунок необхідної кількості та вибір типу світильників для кімнат офісного приміщення	44
2.4 Розрахунок кількості та вибір типу датчиків руху	49
2.5 Розрахунок кількості та вибір типу датчиків освітленості	52
3 РЕЗЕРВНЕ ЖИВЛЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ОФІСНОГО ПРИМІЩЕННЯ	55

					<i>ДП.141.042.019.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ЗМІСТ</i>			
<i>Розробив</i>	<i>Цалко Д.В.</i>							
<i>Перевір</i>	<i>Антипчук Б.О.</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Антипчук Б.О.</i>							
<i>Затв.</i>	<i>Лавріщев О.О.</i>				<i>ЖАТФК, Гр. Е-42</i>			
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						<i>У</i>	<i>6</i>	<i>96</i>

3.1 Вибір схеми реалізації системи резервного живлення	55
3.2 Визначення тижневої сумарної спожитої потужності системи освітлення офісного приміщення	57
3.3 Розрахунок кількості та вибір типу сонячних панелей	59
3.4 Розрахунок та вибір типу інвертора	63
3.5 Розрахунок та вибір типу акумуляторних батарей	67
3.6 Вибір типу та моделі контролера заряду/розряду акумуляторних батарей	69
3.7 Вибір пристрою автоматичного ввімкнення резерву	71
4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ	74
4.1 Розрахунок капітальних затрат	74
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	77
4.3 Розрахунок терміну окупності розробленої систем	80
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	86
5.1 Протипожежна безпека	86
5.2 Охорони праці під час виконання електромонтажних робіт	87
5.3 Перша допомога при ураженні електричним струмом	90
ВИСНОВКИ	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	93
ДОДАТКИ	95

ВСТУП

Сьогодні, у зв'язку з дефіцитом основних енергоресурсів, зростанням вартості їх видобутку та глобальними екологічними проблемами, енергозбереження в усіх сферах людської діяльності стало одним з першочергових пріоритетів.

За оцінками експертів, освітлювальні установки становлять велику частку споживачів у житловому, комунальному господарстві, державному управлінні та офісних будівлях (50-90% від загального споживання електроенергії) [1]. Освітлювальні установки (ОУ) є одними з найпоширеніших технологічних пристроїв присутніх практично у всіх сферах людської діяльності, тому заходи з енергозбереження в цьому секторі сьогодні дуже популярні. Востаннє десятиліття 20-го століття частка електроенергії, що виробляється освітлювальними установками, в багатьох країнах була наступною: Німеччина – 9%, Франція – 11%, Великобританія – 12%, Італія – 13%, Україна – 13%, Японія – 18%, США – 20%.

Системи енергозбереження на підприємствах і в організаціях зазвичай включають в себе контроль режиму роботи освітлювальних приладів, встановлення пристроїв захисного відключення на силових ланцюгах, використання реле часу, датчиків руху і переміщення, а також заміну застарілого електрообладнання на більш досконале.

На сьогоднішній день на ринку доступні різні енергозберігаючі технології, які працюють в системах освітлення і спрямовані на зниження організаційних витрат. Аналіз наукових праць та технічних рішень у цій галузі [5] показує, що наразі використовується декілька підходів до підвищення енергоефективності.

					ДП.141.042.019.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Цалко Д. В.							
Перевір	Антипчук Б.О.							
Н. Контр.	Антипчук Б.О.							
Затв.	Лавріщев О.О.							
					Літ.		Арк.	Аркушів
					У		8	96
					ЖАТФК, Гр. Е-42			

У країнах світу, особливо тих, що є членами Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), освітлення є одним з основних енергозберігаючих заходів у сфері енергоефективності. До таких заходів належать:

- заміна джерела світла на нові енергоефективні лампи, дотримуючись при цьому встановлених норм освітлення;
- максимальне використання природного світла протягом дня, з автоматичним регулюванням штучного освітлення відповідно до рівня природного освітлення;
- використання сучасної освітлювальної арматури з раціональним світлорозподілом;
- фарбування поверхонь виробничих приміщень і устаткування у світлі тони для підвищення коефіцієнта використання природного й штучного освітлення, що дає ефект економії до 2,5%;
- використання електронної пускорегулюючої апаратури (ЕПРА);
- застосування автоматичних вимикачів для систем чергового освітлення в зонах тимчасового перебування персоналу.

Для підвищення енергоефективності старі освітлювальні прилади часто замінюють на нові, які споживають менше енергії. Системи керування освітленням забезпечують додаткову економію енергії, бо вони не тільки вмикають і вимикають освітлення, коли це потрібно, але й, що важливо, зменшують потужність і світловий потік від освітлювальних установок та підтримують рівні освітленості, що вимагаються стандартами.

Отже, орієнтуючись на все вище сказане, можна зробити висновок про актуальність проблематики даного дипломного проекту, метою та завданням якого є саме розробка та реалізації енергозберігаючої системи освітлення для офісного приміщення на базі сучасних технологій енергозбереження електроенергії, у якій також буде реалізовано резервне живлення для забезпечення її автономності та незалежності від основної мережі електропостачання.

					ДП.141.042.019.ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ В СИСТЕМАХ ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ

1.1 Енергоефективність освітлювальних установок з різними типами джерел світла

Надійність і якість функціонування систем внутрішнього освітлення є гарантією безпеки та комфорту людини під час роботи або відпочинку. Проте системи освітлення споживають значну кількість електроенергії незалежно від типу приміщення – будь то промислове, житлове, адміністративне тощо. Тому енергозбереження в освітлювальних установках має велике значення для зменшення споживання електроенергії. Проблеми, пов'язані з якістю та раціональним використанням систем освітлення, залишаються актуальними у сучасному світі.

Таким чином, під системою внутрішнього освітлення ми розуміємо освітлювальну мережу, яка працює разом з освітлювальною установкою. Під енергоефективним функціонуванням системи внутрішнього освітлення ми розуміємо мінімальне споживання електроенергії для забезпечення необхідного рівня освітленості в приміщеннях, де працює дана система освітлення.

У сучасних джерелах світла електрична енергія може бути перетворена на світлове випромінювання трьома способами: шляхом нагрівання тіла електричним струмом, електричним розрядом в газах та парах металів, а також пропусканням електричного струму через напівпровідники. Таким чином, джерела світла можуть бути класифіковані як теплові джерела освітлення, розрядні джерела світла та світлодіодні джерела світла в залежності від способу генерації світлового потоку.

					ДП.141.042.019.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ В СИСТЕМАХ ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ		
Розробив	Цалко Д.В.						
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						
Затв.	Лавріщев О.О.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					У	10	96
					ЖАТФК, Гр. Е-42		

Для опису джерел світла використовують наступні показники: енергетичні, електричні, світлотехнічні, експлуатаційні.

Енергетичні показники включають такі параметри джерела світла, як:

- енергетичний ККД лампи:

$$\eta_{\text{ен.л.}} = \Phi_{\text{е.л.}} / P_{\text{л}} ; \quad (1.1)$$

де:

$\Phi_{\text{е.л.}}$ – повний потік випромінювання лампи, Вт;

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

- ефективний ККД потоку випромінювання лампи:

$$\eta_{\text{еф.л.}} = \Phi_{\text{еф.л.}} / \Phi_{\text{е.л.}} ; \quad (1.2)$$

де:

$\Phi_{\text{еф.л.}}$ – ефективний потік випромінювання лампи, Вт;

- ефективний ККД лампи:

$$\eta_{\text{еф.л.}} = \Phi_{\text{еф.л.}} / P_{\text{л}} ; \quad (1.3)$$

- світловіддача лампи (лм/Вт):

$$H = \Phi / P_{\text{л}} , \quad (1.4)$$

де:

Φ – спектральний склад випромінювання лампи.

Електричні показники характеризуються наступними технічними параметрами джерела світла:

- номінальна (активна) потужність лампи $P_{\text{л}}$, Вт;
- реактивна потужність лампи $Q_{\text{л}}$, вар;

- номінальна напруга лампи $U_{\text{ном}}$, В;
- коефіцієнт потужності лампи $\cos \varphi$;
- спосіб запалювання лампи.

До параметрів світлотехнічних показників джерела світла входять наступні характеристики:

- спектральний склад випромінювання лампи $\Phi(\lambda)$;
- світловий (ефективний) потік випромінювання лампи Φ , Лм;
- зміна світлового потоку в часі при живленні лампи змінним струмом;
- колірна температура $T_{\text{кт}}$;
- пульсація світлового потоку;
- передача кольору.

Експлуатаційних показники джерела світла описуються наступними характеристиками:

- корисний термін служби;
- повний термін служби;
- час роботи до виходу з ладу;
- залежність основних параметрів від відхилень напруги;
- старіння;
- погіршення світлотехнічних показників в процесі експлуатації;
- періодичність чищення;
- періодичність заміни.

Отже, при визначенні доцільності використання джерел світла, слід звернути увагу на показники, які визначають кількість світла. Ці показники включають світловий потік, світлову віддачу, колірну температуру та передачу кольору. З енергоефективної точки зору, одним з найважливіших параметрів джерела світла є світлова віддача, яка відображає відношення світлового потоку до електричної потужності (див. вираз 1.4).

1.2 Порівняльний аналіз різних типів джерел світла систем внутрішнього освітлення

Сучасні системи освітлення повинні відповідати основним вимогам, таким як енергоефективність, якісне освітлення робочого місця, енергозбереження протягом усього періоду експлуатації, зручне керування системою освітлення та екологічність.

Згідно з ДБН В. 2.5–28–2018 для загального штучного освітлення приміщень рекомендується використовувати розрядні джерела світла, які мають більшу світлову віддачу і довший строк служби при однаковій потужності споживання.

Використання ламп розжарювання для загального освітлення допускається лише у випадках, коли неможливо або не економічно використовувати розрядні лампи.

Використання ксенонових ламп у приміщеннях не рекомендується. Для місцевого освітлення, крім розрядних джерел світла, рекомендується використовувати також лампи розжарювання, включаючи галогенні.

На сьогоднішній день у внутрішніх освітлювальних системах найпоширенішими типами джерел світла є ті, що зображені на рисунку 1.1.

Давайте розглянемо основні типи освітлювальних пристроїв, їх переваги та недоліки, а також проведемо аналіз ефективності їх використання.

Для оцінки роботи джерел світла, які використовуються в системах внутрішнього освітлення, ми будемо використовувати характеристики, які були згадані раніше.

Дані щодо характеристик для основних груп джерел світла зведені до таблиці 1.1.



Рисунок 1.1 – Класифікація джерел світла

Таблиця 1.1 – Порівняння джерел світла, які використовуються в системах внутрішнього освітлення

Технічні характеристики	Типи ламп												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	ЛР	ГЛР	ГЛ	ЛЛ	ДРЛ	КЛЛ	БКЛЛ	ДРІ	ДНаТ	ДКсТ	ЛТС	ІЛ	СД
Строк служби, тис.год	1	2-4	10-15	12-15	10-12	6-12	15	3-10	6-15	2	1	50	50
Світлова віддача (ефективність), Лм/Вт	10-20	22-30	60-100	47-104	50-70	48-75	48	74-100	80-125	120-150	0,2 - 1	80-90	120-140
Виділення тепла при світінні	вис	вис.	вис.	вис.	вис.	вис.	вис.	вис.	вис.	вис.	вис.	низ.	низ.
Можливість регулювання потужності, що споживається	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+
Залежність від напруги живлення	вис	вис.	вис.	вис	вис.	низ.	низ.	низ.	вис.	низ.	низ.	низ.	низ.
Пульсація випромінювання	15-18	20	18	20	64-73	10	12	20-30	10	130	10	10	10
Індекс передачі кольору, Ra	≥95	≥90	≥90	40-59	40-59	60-90	60-90	≥90	≤40	60	0	40-59	60-95

Продовження таблиці 1.1

Технічні характеристики	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Спеціальна утилізація	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-
ККД світильника	0,1	0,7	0,7	0,65	0,85	0,65	0,7	0,85	0,85	0,85	0,65	0,9	0,95
Середня варт.	14	20	300	89	120	60	70	300	100	190	30	55	31

Аналізуючи дані таблиці 1.1 з точки зору підвищення енергоефективності системи внутрішнього освітлення за допомогою автоматизованих систем управління, однією з важливих характеристик є можливість регулювання потужності ламп і, відповідно, світлового потоку. Тому для подальшого розгляду ми обираємо наступні типи ламп: КЛЛ, ДНаТ, ІЛ, СД. В таблиці 1.2 наведено залежність світловіддачі обраних типів ламп від їх споживаної потужності.

Таблиця 1.2 – Залежність світловіддачі різних типів ламп від потужності споживання

Потужність, Вт	Лампи розжарення, Лм/Вт	Люмінесцентні лампи, Лм/Вт	Світлодіодні лампи Лм/Вт
5	10	60	105
10	13	77	120
15	15	92	129
25	17	105	141
50	20	124	156
80	23	137	167

За даними таблиці 1.2 побудуємо порівняльний графік залежності, який дасть очне представлення, який із типів ламп кращий у відповідності до даного показника. Сам графік зображено на рисунку 1.2.

На рисунку 1.2 з графічної залежності чітко видно, що світлодіодні лампи мають найкращий показник світловіддачі, який залежить від потужності споживання. Люмінесцентні лампи мають трохи гірші показники, а лампи розжарення значно поступаються обом вищезазначеним типам.

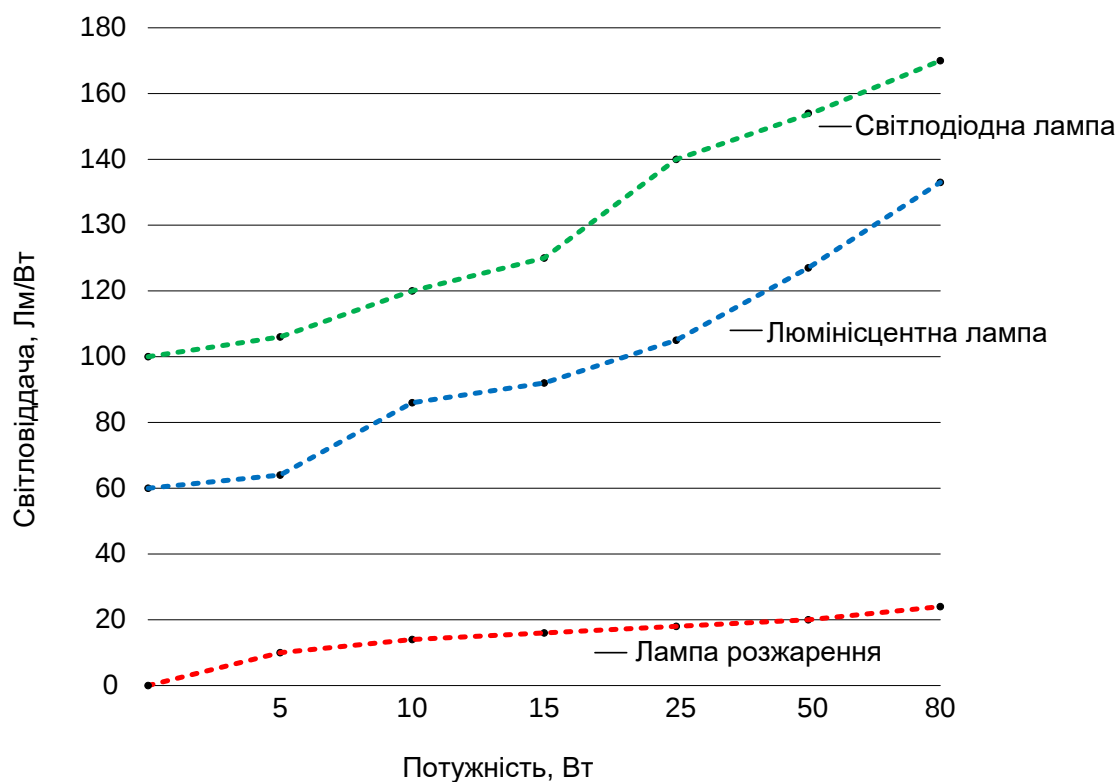


Рисунок 1.2 – Порівняльна залежність світловіддачі різних типів ламп від потужності їх споживання

Далі виконаємо порівняння витрат на електроенергію для зазначених ламп (див. рис.1.3). Для цього необхідно провести розрахунок деяких додаткових даних. Для отримання цих даних створимо таблицю порівняння за світловим потоком ламп (див. табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Залежність світлового потоку різних типів ламп від потужності їх споживання

Потужність, Вт	Лампи розжарення, Лм/Вт	Люмінесцентні лампи, Лм/Вт	Світлодіодні лампи Лм/Вт
5	10	60	105
10	13	77	120
15	15	92	129
25	17	105	141
50	20	124	156
80	23	137	167

За даними таблиці 1.3 побудуємо графічну залежність світлового потоку даних типів ламп від потужності (див. рис. 1.3)

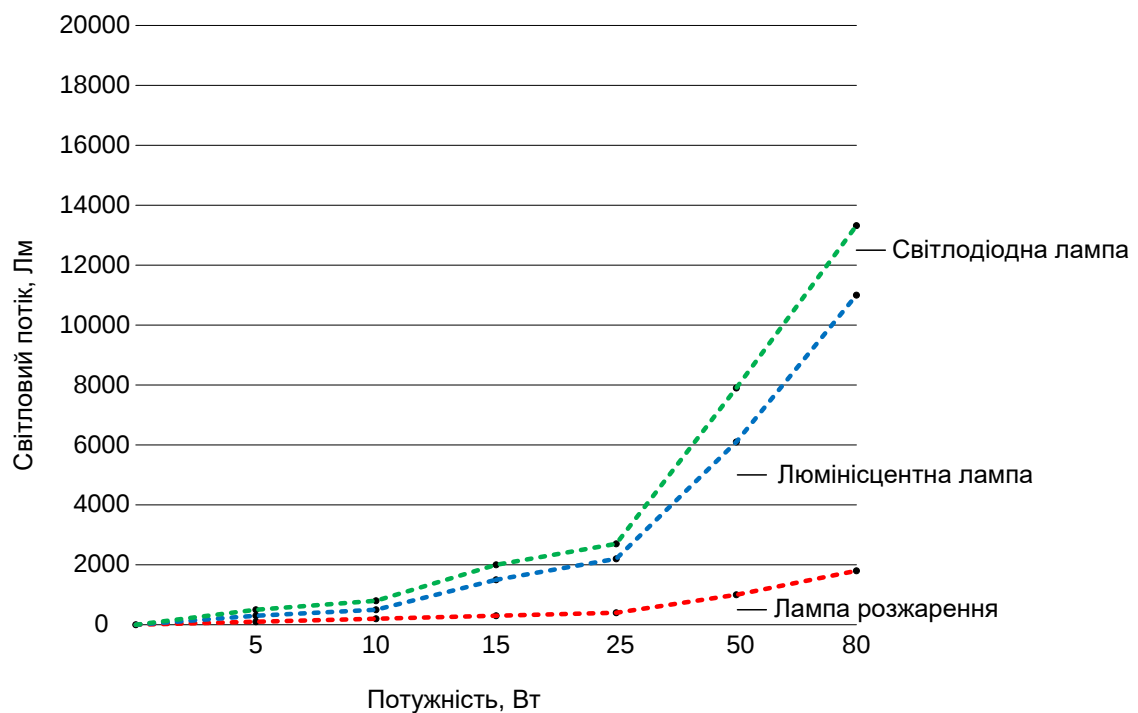


Рисунок 1.3 – Порівняльна залежність світлового потоку різних типів ламп від потужності їх споживання

Отже, після проведеного аналізу джерел світла можна зробити висновок, що при розробці методик підвищення енергоефективності систем освітлення офісних приміщень слід віддавати перевагу світлодіодним джерелам світла. Вони дозволяють підвищити енергоефективність системи освітлення завдяки більш високій світловіддачі, а також зниженню втрат в освітлювальних мережах. Крім того, світлодіодні джерела світла мають більш широкі можливості по регулюванню потужності споживання та світлового потоку.

1.3 Рішення з енергозбереження в системах освітлення

Витрата електроенергії на цілі освітлення може бути помітно знижена досягненням оптимальної роботи освітлювальної установки в кожен момент часу. Дослідження, проведені «ВНДСІ» [9], показують, що для підвищення

енергоефективності систем освітлення можна використовувати наступні методи:

- розширенням виробництва ефективних джерел світла і області їх застосування можливо отримати економію електроенергії мінімум 14%;
- збільшенням світлової віддачі джерел світла – 6%;
- підвищенням стабільності характеристик джерел світла – 3%;
- підвищенням ККД освітлювальних приладів – 6%;
- поліпшенням експлуатаційних властивостей освітлювальних приладів – 3,5%;
- зниженням енергоспоживання освітлювальних приладів, зокрема завдяки використанню електронної пускорегулювальної арматури (ЕПРА) – 1,5...2%.

Також, електроенергію можна зекономити шляхом вдосконалення способів освітлення:

- розширенням сфери застосування системи загального локалізованого освітлення – 6,5%;
- при застосуванні систем регулювання загального освітлення в залежності від рівня природного освітлення – 4,5...7,5%;
- розширенням застосування системи комбінованого освітлення – 4%.

Надалі ми розглянемо деякі з запропонованих рішень більш детально.

1.3.1 Впровадження світлодіодних та люмінесцентних ламп

Для оптимального використання ресурсів потрібно вибрати лампи, які надають найбільший світловий потік на один Ватт споживаної електроенергії і відповідають вимогам освітлення в приміщенні, де вони будуть використовуватись. Світлова віддача кожного типу лампи може бути визначена на основі інформації про лампу та її схему включення (див.

табл.1.1). При проектуванні нової установки слід порівнювати світлові віддачі різних ламп і використовувати ті, які мають найвищу ефективність.

На сьогоднішній день, одним з найкращих варіантів при виборі системи освітлення та відповідної лампи є компактні люмінесцентні лампи. Завдяки використанню новітніх технологій, компактні люмінесцентні лампи були зменшені до розмірів звичайної лампи розжарення, що дозволило їх використовувати в побутовій системі освітлення. Загалом, люмінесцентні лампи мають наступні переваги:

- на 80% менше споживання електроенергії при однаковому світловому потоці;
- в 9...13 разів більший термін експлуатації;
- миттєве (0,6 с), без мерехтіння, запалення;
- невеликий розмір та вага;
- відмінна передача кольору.

Використання нових ефективних типів ламп дозволяє зменшити споживання електроенергії та знизити експлуатаційні витрати. Проте найкращим рішенням все ж залишаються напівпровідникові світлодіоди (СВД).

Низьке споживання енергії, висока надійність, сумісність з інтегральними схемами пристроїв керування, стійкість до механічних і кліматичних впливів, поява зовнішньо чисто зелених і синіх світлодіодів, а також світлодіодів зі світловіддачею більше 75 люмен/ват (порівняно з 15 люмен/ват у стандартних лампах розжарювання) змінили галузь світлотехніки та інформаційних технологій, незважаючи на їх високу вартість. Україна вже виробляє світлодіоди потужністю понад 25 Вт, які можна легко встановити в існуючу світлову арматуру.

Для флуоресцентних ламп і газорозрядних ламп необхідно мати пускові пристрої (стартери) і засоби обмеження струму лампи після запуску (дроселі). Зазвичай, для підвищення коефіцієнта потужності і зменшення споживаного струму з мережі при заданій потужності, також

					ДП.141.042.019.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

використовується підключення конденсатора. Звичайні дроселі – це пристрої індукційного типу, які призначені для обмеження струму ламп і стабілізації напруги, що подається на них. Ці пристрої характеризуються високим рівнем втрат. Нові пристрої дозволяють знизити втрати в залізі і міді, а також забезпечують роботу ламп на номінальному рівні активної потужності. Наприклад, у таблиці 1.4 наведені дані за активною потужністю (мережа 220 В) для звичайної подвійної лампи (26 мм) з різними типами баластів.

Таблиця 1.4 – Втрати в різних типах баластів

Джерело світла (подвійне)	Звичайний баласт,Вт	Баласт з низьким рівнем втрат,Вт	Високочастотний баласт,Вт
2×18 Вт	54	48	40
2×36 Вт	90	82	72
2×58 Вт	140	132	100

Для покращення ефективності кола перемикача та дроселів можна використовувати дроселі з малими втратами, які мають підвищену кількість міді. Такі дроселі мають велику вагу, габарити та ціну порівняно зі стандартними дроселями. Інша категорія стартерів складається з чисто електронних та частково електронно-баластних навантажень.

1.3.2 Встановлення електронних пристроїв для пуску та регулювання

На сьогоднішній день у експлуатації знаходиться велика кількість люмінесцентних ламп з електромагнітними дроселями, які не забезпечують оптимальних режимів роботи ламп і мають низькі експлуатаційні характеристики. На заміну дроселям прийшла електронна пускорегулююча апаратура (ПРА), яка суттєво покращує техніко-економічні показники цього типу світильників.

Сучасні електронні баласты забезпечують:

- миттєве (без мигання і шуму) запалювання ламп;
- стабільність освітлення незалежно від коливань напруги;

- високу якість спожитої електроенергії;
- близький до одиниці коефіцієнт потужності завдяки споживанню синусоїдального струму з нульовим фазовим зсувом.

Сучасні електронні пускорегулюючі апарати є дорогими, але високоекономічними пристроями. Початкові затрати компенсуються завдяки економії електроенергії в розмірі 20 – 25% при збільшенні освітленості на 10 – 12%. Також зменшуються витрати на обслуговування світильників, оскільки вони більше не потребують стартерів і конденсаторів. Термін служби ламп підвищується на 50% завдяки економному режиму роботи і пуску.

Електронні пускорегулюючі апарати використовують напівпровідникові імпульсні схеми для живлення люмінесцентних ламп напругою підвищеної частоти. Це дозволяє підвищити якість освітлення при зменшеному споживанні енергії порівняно з традиційними світильниками, які використовують електромагнітні баласты. Розроблені пристрої перетворюють струм мережі в струм підвищеної частоти, містять вузли для оптимального запалювання і роботи лампи, а також контролю працездатності ламп і захисту від аномальних режимів.

На сучасному етапі активно розробляються та впроваджуються мікропроцесорні і спеціалізовані контролери для управління системами освітлення. Електронні баласты виробляються масово в країнах, де широко застосовуються енергозберігаючі технології, і вже набули популярності серед виробників OSRAM, PHILIPS, GENERAL ELECTRIC, SYLVANIA, TRADONIC.

1.3.3 Використання світлової віддачі ламп

Для використання світлової віддачі ламп необхідно враховувати:

- ефективність світильника (освітлювальної арматури);
- проект схеми освітлення;

- природне освітлення;
- правильне використання вимикання та регулювання.

Світильники виконують основні функції, такі як підтримка і захист ламп, забезпечення електричного підключення до джерела живлення, а також регулювання та направлення світла, що випускається лампою.

За допомогою високоефективних рефлекторів у світлових пристроях можна значно підвищити ефективність світловіддачі. Ці рефлектори мають поверхню, покриту сріблом, яке має високу дзеркальну віддачу і забезпечує максимальне відбиття світлового потоку лампи.

Високоефективні рефлектори допомагають підвищити коефіцієнт використання освітлювальної установки, що призводить до того, що більша частина світлового потоку досягає поверхні. Це практично дозволяє зменшити кількість ламп вдвічі.

Велику роль в освітленні також відіграє вплив дизайну та облицювання приміщення. Поверхні, які покращені у світлий тон, відбивають світло краще і є більш ефективними, але їх потрібно регулярно фарбувати, мити або знову обклеювати, щоб забезпечити економне використання освітлення.

Збільшення коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщень на 20% дозволяє зекономити 5 – 15% електроенергії за рахунок підвищення рівня освітленості.

1.3.4 Системи автоматичного регулювання освітлення, що змінюються в залежності від зовнішніх факторів

Принципи керування освітленням повинні забезпечувати зручність використання, мінімальні затрати часу на увімкнення (вимкнення) освітлення, максимальне використання природного світла з урахуванням режимів роботи технологічного обладнання виробничого приміщення.

Під системами внутрішнього освітлення під керуванням розуміється зміна характеристик світлових приладів, таких як склад, кількість, споживана потужність і світлотехнічні параметри, з метою пристосування їх до змінних умов функціонування. Керування освітленням здійснюється шляхом включення та виключення джерел електричного освітлення, а також регулювання рівня освітленості освітлюваного об'єкта.

За способом керування та регулювання системи освітлення виділяють такі різновиди:

- ручне включення і регулювання;
- включення за допомогою інфрачервоних датчиків руху;
- система освітлення з застосуванням датчиків звуку (ультразвуковий);
- включення і регулювання за допомогою датчиків освітленості;
- комбіновані системи керування освітленням.

Для досягнення найбільш повного і точного обліку наявності денного світла, а також присутності людей в приміщенні, можна використовувати засоби автоматичного керування освітленням. Керування освітлювальним навантаженням може здійснюватися двома основними способами: відключенням всіх або частини світильників (дискретне керування) та плавною зміною рівня потужності світильників (однаковою для всіх або індивідуально).

Метою регуляторів освітлення є забезпечення ефективного освітлення в потрібному місці і протягом необхідного часу. Ручні регулятори дозволяють керувати індивідуальними світильниками або освітленням для окремих рядів систем освітлення. Автоматичні регулятори можуть бути фотоелектричними, безконтактними або з таймером.

Фотоелектричні регулятори дозволяють автоматично вимкнути штучне освітлення в сонячні дні або коли природного освітлення достатньо для створення необхідних умов освітлення. Фотоелектричний датчик налаштовується таким чином, щоб спрацьовувати лише при зміні зовнішньої освітленості, забезпечуючи необхідні умови освітлення на робочому місці.

					ДП.141.042.019.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Регулятор включається в робочий режим, коли настає затемнення, за допомогою фотодіода. Включення або виключення освітлення безпосередньо здійснюється після отримання сигналів від датчика руху, коли об'єкт, що рухається, потрапляє в його зону дії.

Особливістю схеми підключення датчика освітленості (див. рис. 1.3) є врахування навантажувальної здатності реле датчика. За необхідності (недостатнє навантаження) використовують додаткове реле з потрібним струмом комутації.

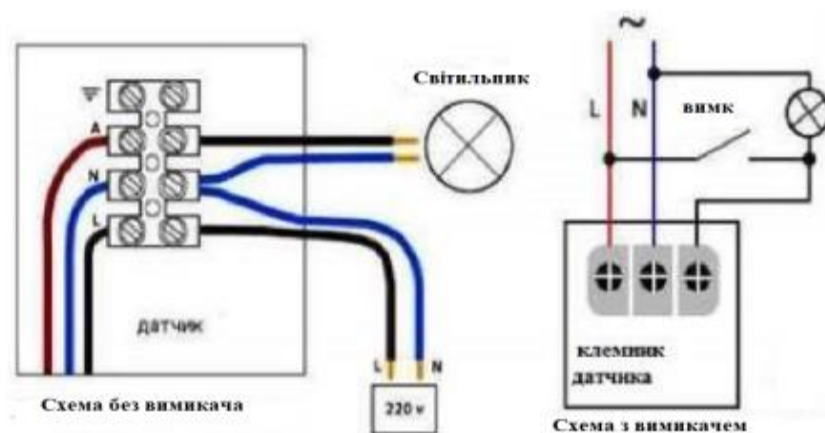


Рисунок 1.3 – Схеми підключення датчика освітленості

У складних системах фотодатчик через диммер поступово змінює інтенсивність штучного освітлення і підтримує загальну освітленість приміщення на заданому рівні. Для правильної роботи такої системи керування необхідно провести калібрування датчика освітленості.

Безконтактні регулятори – це локальні регулятори, які реагують на присутність людей в приміщенні. Для визначення присутності використовуються датчики, зазвичай інфрачервоні (ІЧ) або височастотні. Освітлення вмикається, якщо виявлено рух або коливання хвиль, і вимикається, якщо руху не зафіксовано. Підключення датчика до мережі та взаємодія з системою освітлення можуть здійснюватись двома способами (див. рис.1.4):

- пряме підключення до ламп (пристрій буде спрацьовувати так, як це задумано виробником);
- у ланцюг підключення додають вимикач з боку входу (дозволяє примусово відключати світло, а разом з ним і датчик, що дає можливість ручного керування).

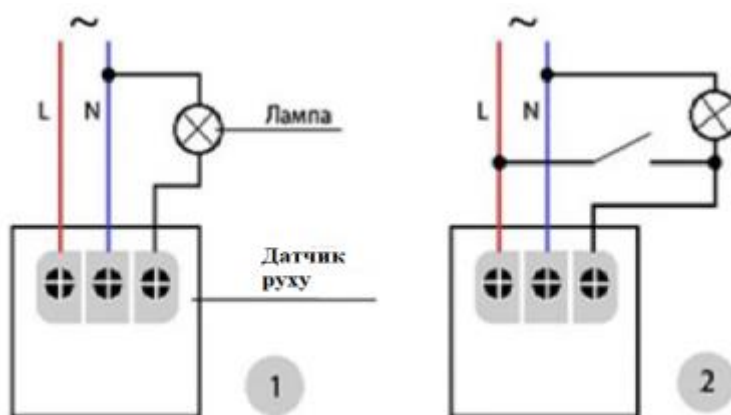


Рисунок 1.4 – Схеми підключення датчика руху

Регулятори з таймером можуть бути використані у приміщеннях, де робота відбувається за чітко визначеним графіком. Наприклад, освітлення за фіксованою зміною буде автоматично вимикатись з невеликим запізненням після закінчення роботи в цьому приміщенні. Проте в такому випадку необхідно передбачити аварійне та охоронне освітлення. Залежно від модифікації таймера, в ньому можна запрограмувати події від доби до одного року. Різновидом таких таймерів є астрономічні реле. Зазвичай ці реле також використовуються для керування зовнішнім освітленням – вхідні дані вводяться географічні координати місцевості, і пристрій самостійно розраховує, коли потрібно ввімкнути або вимкнути освітлення. Зовнішній вигляд типового таймера показаний на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Регулятор освітлення з таймером

Автоматичне керування рядами світильників є доцільним для освітлення приміщень з великою площею. З його допомогою можна вимикати деякі ряди світильників, якщо природне освітлення достатнє. Також це дозволяє локалізувати зони освітлення, що дозволяє економно використовувати електроенергію.

1.3.5 Підтримка ефективності роботи системи освітлення

Для забезпечення ефективності системи освітлення необхідно проводити регулярну чистку світильників, замінювати пошкоджені та застарілі лампи, полегшувати доступ природного освітлення шляхом регулярного прибирання вікон, підтримувати чистоту повітря.

Практичне використання освітлювальної апаратури вказує, що втрати світлового потоку складає:

- через забруднення світильників – 16%;
- забруднення стін та стелі – 19,5%;
- старіння ламп – 13%;
- неправильної зборки ламп і рефлектора – 4%;
- понаднормативної втрати напруги в мережі – 8%.

Варто зазначити, що використання ламп з ефективною освітлювальною арматурою дозволяє зменшити витрати електроенергії в 1,5 рази порівняно з відкритими лампами.

Підвищення коефіцієнта потужності мережі є одним із найважливіших заходів щодо економії електроенергії. Цей захід допомагає зменшити споживання реактивної потужності електроустановками, а отже, зменшує втрати в енергосистемі на передачу реактивної потужності. Люмінесцентні лампи мають свої особливості у разі значної економії електроенергії. Наприклад, у люмінесцентних ламп коефіцієнт потужності складає близько 0,5, тому необхідно використовувати компенсуючі пристрої, такі як статичні конденсатори, для їх правильної роботи.

Необхідно підтримувати стабільні рівні напруги в освітлювальній мережі, оскільки коливання напруги може призвести до зайвих витрат електроенергії. Напруга на виводах ламп повинна знаходитися в межах від 85% до 105% номінальної напруги. Навіть зниження напруги на 1% може призвести до зменшення світлового потоку ламп: розжарювання – на 4%, люмінесцентних – на 1,5% і ртутних люмінесцентних – на 2,2%.

Для уникнення впливу коливань напруги на ефективність освітлювальних установок використовуються окремі трансформатори для навантаження освітлення і компенсуючі пристрої. Також застосовуються пристрої автоматичного регулювання напруги. Для промислових освітлювальних електромереж використовуються автоматичне регулювання напруги за допомогою підвищувальних трансформаторів і включення в мережу додаткової індуктивності.

2 ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ ОФІСНОГО ПРИМІЩЕННЯ

2.1 Вихідні дані проекту

Для розробки енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення в даному дипломному проекті використовуються вихідні дані, які представлені у вигляді його плану, що зображений на рисунку 2.1. Офісне приміщення складається з 12 кімнат загальною площею 207,01 м² і розташоване на останньому поверсі триповерхової адміністративної будівлі в м. Житомир.

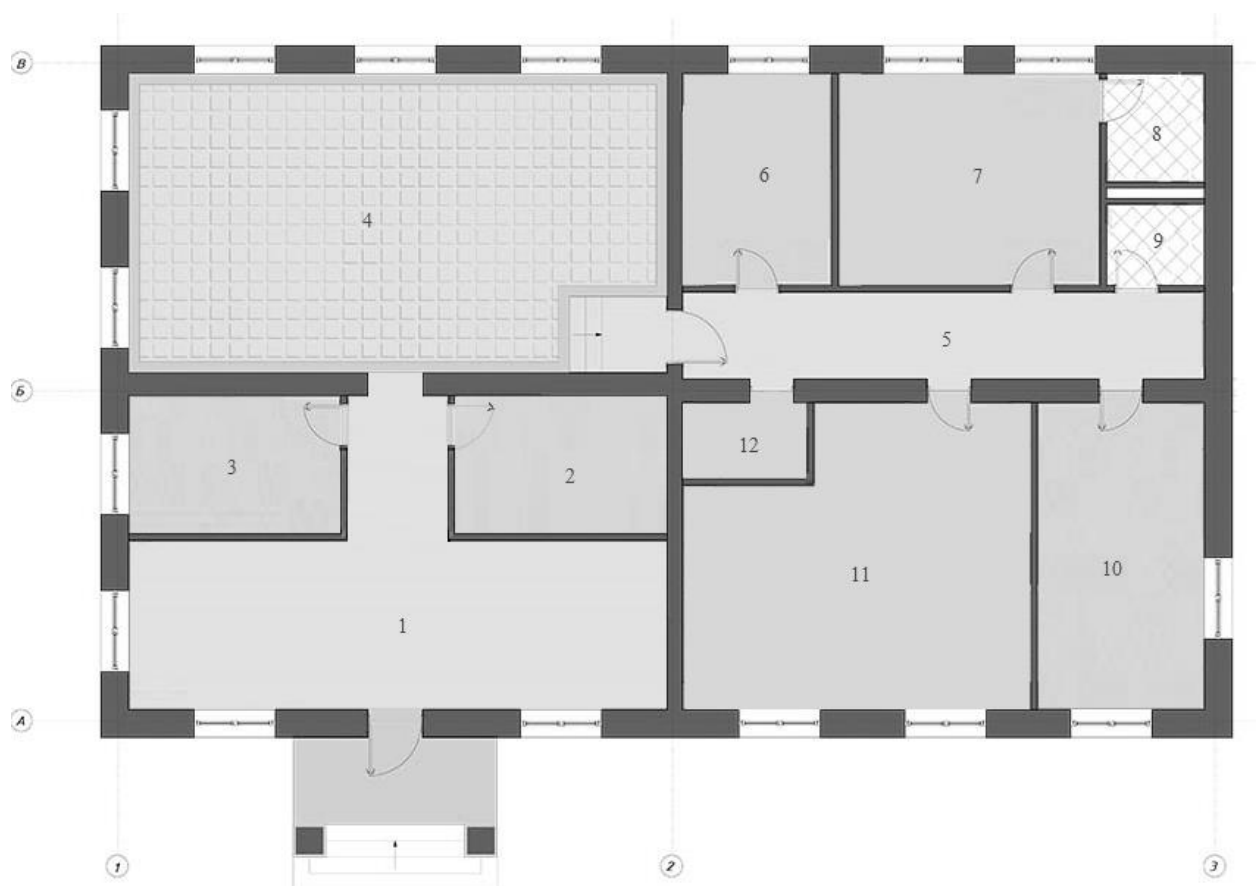


Рисунок 2.1 – План офісного приміщення

					ДП.141.042.019.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ ОФІСНОГО ПРИМІЩЕННЯ		
Розробив	Цалко Д.В.						
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						
Затв.	Лавріщев О.О.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					У	28	96
					ЖАТФК, Гр. Е-42		

У таблиці 2.1 даного розділу наведені геометричні розміри площі кожної із кімнат офісного приміщення, які потрібні для проведення розрахунку необхідного рівня освітленості.

Таблиця 2.1 – Геометричні розміри кімнат офісного приміщення

№	Назва кімнати офісного приміщення	Довжина А, м	Ширина В, м	Площа S, м ²
1	Вестибюль	8,9	2,6	26,89
2	Кімната охорони	3,7	2,5	9,25
3	Кабінет 1	3,7	2,5	9,25
4	Маркетингова зала	8,9	5,1	45,39
5	Коридор	8,9	1,5	13,35
6	Кабінет 2	3,7	2,5	9,25
7	Кабінет директора	3,7	4,6	17,02
8	Туалет 1	2	1,8	3,6
9	Туалет 2	1,7	1,8	3,06
10	Кабінет 3	5,1	2,7	13,77
11	Кабінет 4	5,1	6,2	31,62
12	Кухня	2	1,7	3,4

При подальших розрахунках та розробці енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення варто враховувати, що висота всіх приміщень в офісі стандартна і дорівнює 2,5 метра.

2.2 Розрахунок необхідного рівня освітленості кімнат офісного приміщення

Для того, щоб зрозуміти, скільки світильників потрібно встановити, скільки лампочок купити та наскільки яскраво освітлити приміщення, проводять розрахунок освітленості. До того ж, державні органи контролюють дотримання відповідних норм освітленості приміщень і карають підприємства за порушення, а тому, щоб уникнути штрафів і забезпечити співробітників умовами продуктивної праці потрібно знати, як правильно розрахувати рівень освітленості і підібрати для його забезпечення відповідне освітлювальне обладнання. Також слід зазначити, що рівень освітленості суттєво впливає на працездатність та самопочуття персоналу, який знаходиться в приміщенні. Державні норми це враховують та визначають,

яким має бути освітлення приміщень, залежно від їх призначення, а також робочих місць (див. табл. 2.2), тому враховуючи ці норми, плануються та розраховується освітлення об'єктів і, саме від них безпосередньо залежить вибір типу світильників та необхідна кількість освітлювальних джерел.

Таблиця 2.2 – Державні норми освітленості згідно з ГСН В.2.5-28:2018

Приміщення	Норма, Лк
Вітальня, спальня (підлога); кухня (стіл)	150
Дитяча кімната (підлога)	200
Кабінет, бібліотека (стіл)	300
Коридор, вбиральня, ванна кімната (підлога)	50
Офіс (стіл)	300
Класна кімната школи, аудиторія (стіл)	500

На практиці для розрахунку штучного освітлення приміщень використовують три основні методи:

- метод світлового потоку (коефіцієнта використання): застосовують для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь;
- метод питомої потужності: є найбільш простим і в той же час найменш точним, тому його використовують для приблизних, орієнтовних розрахунків.
- точковий метод: призначений для розрахунку локалізованого та комбінованого освітлення, а також для освітлення похилих площин;

Метод світлового потоку вважається найбільш точним методом для розрахунку загального рівня освітленості приміщення. Основне розрахункове рівняння цього методу має наступний вигляд:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot k_{\text{з}} \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (2.1)$$

де:

$\Phi_{\text{л}}$ – розрахункове значення світлового потоку однієї лампи в кожному світильнику, Лм;

E_n – нормоване значення освітленості, Лк;

S – площа освітлюваної поверхні, m^2 ;

k_z – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості;

N – загальна кількість світильників;

n – кількість ламп у одному світильнику;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Коефіцієнт мінімальної освітленості z – це відношення середньої освітленості до мінімальної освітленості. Він може становити:

- $z = 1,1$ – для люмінесцентних ламп низького тиску та лінійних світлодіодних світильників;
- $z = 1,15$ – для ламп розжарювання, газорозрядних ламп високого тиску та точкових світлодіодних світильників.

У попередньому розділі дипломного проекту було визначено, що для ефективної реалізації енергозберігаючої системи офісного приміщення найкраще використовувати світлодіодні джерела світла (LED-лампи) через їх високі енергозберігаючі та світлотехнічні характеристики. Щодо значення коефіцієнта мінімальної освітленості для офісу, будуть використовуватися обидва значення в залежності від типу світильника, який буде встановлений у конкретній кімнаті, оскільки будуть використані як лінійні, так і точкові світильники.

Для визначення необхідних світлотехнічних характеристик світильників можна скористатися кривими сили світла та відношенням світлового потоку, який випромінюється світильником у нижню півсферу, до повного світлового потоку світильника.

Крива сили світла (див. рис. 2.2) – це одна з фізичних характеристик LED-освітлення, яка графічно показує розподілу світла в просторі. У таблиці 2.3 представлена класифікація світильників залежно від графіку кривої сили

світла, які будуть використовуватися при розрахунку та розробці системи освітлення нашого офісного приміщення.

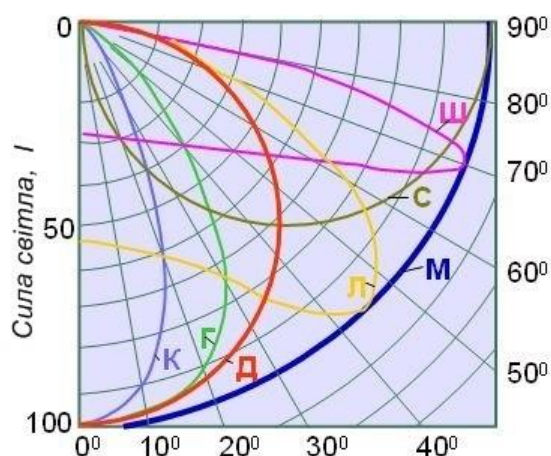


Рисунок 2.2 – Крива сили світла

Таблиця 2.3 – Класифікація світильників за кривою сили світла

Тип кривої сили світла		Коефіцієнт світильника L/h
К	Концентрована	0,4 – 0,7
Г	Глибока	0,8 – 1,2
Д	Косинусна	1,2 – 1,6
Л	Напівширока	1,4 – 2,0
Ш	Широка	1,6 – 2,2
М	Рівномірна	1,8 – 2,6
С	Синусна	2,0 – 2,8

Для подальшого розрахунку та вибору типу світильників нам потрібні дані по класифікації світильників за світлорозподілом, які представлені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Класифікація світильників за світлорозподілом

Клас світильника за світлорозподілом	Доля світлового потоку світильника, яка спрямована у нижню півсферу, %	Використання світильників визначеного класу
Прямого світла	понад 80	для приміщень, в яких стіни і стеля мають невисокий коефіцієнт відбитку
Переважно прямого світла	60-80	для приміщень, в яких стіни і стеля мають високий коефіцієнт відбитку
Розсіяного світла	40-60	для приміщень, де небажані різкі тіні і тіні взагалі
Переважно відбитого світла	20-40	
Відбитого світла	менше 20	

Так як, для розрахунку рівня освітленості кімнат офісного приміщення ми обрали метод світлового потоку, то нам потрібно визначитись із поняттям коефіцієнта запасу. Коефіцієнт запасу k_z залежить від висоти стелі приміщення для якого проводиться розрахунок. Основні співвідношення коефіцієнту запасу по відношенню до висоти стелі приміщення та у відповідності до ГСН В.2.5-28:2018 наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Залежність коефіцієнту запасу від висоти приміщення

Висота приміщення, м	Коефіцієнт запасу K_z
до 2,7	1
від 2,7 до 3	1,2
від 3 до 3,5	1,5
від 3,5 до 4	2

Як зазначалось раніше, висота стелі в нашому офісному приміщенні стандартна та становить 2,5 м, тому згідно даних таблиці 2.5 приймаємо коефіцієнт запасу $k_z = 1$.

Після вивчення додаткових величин і коефіцієнтів, необхідних для проведення світлотехнічного розрахунку, можна розпочати визначення чисельного значення індексу кожної кімнати квартирного приміщення за формулою.

$$i_{\text{приміщення}} = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (2.2)$$

де:

$i_{\text{приміщення}}$ – індекс приміщення;

S – площа освітлюваної поверхні, м^2 ;

A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – допустима висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м.

З формули 2.2 видно, що для визначення індексу приміщення необхідно знати висоту підвісу світильника над робочою поверхнею. Для цього потрібно врахувати кількість рядів світильників у приміщенні, тому корисною буде інформація, наведена в таблиці 2.3, а також формула, подана нижче:

$$N_p = \frac{B}{(H - h_p) \cdot [L/h]}, \quad (2.3)$$

де:

N_p – кількість рядів світильників;

H – висота приміщення, м;

h_p – висота робочої поверхні над підлогою, м;

B – ширина приміщення, м;

$[L/h]$ – числове значення коефіцієнта світильника (вибираємо із таблиці 2.3).

Враховуючи дані таблиць 2.1 та 2.2, бачимо, що у більшості кімнат офісу концентрація світла має припадати в основному або на робочу зону або на підлогу, тому приймаємо числове значення коефіцієнта світильника рівне $[L/h] = 0,55$, а висоти умовної робочої поверхні над підлогою кімнат рівною значенню $h_p = 0,8$ м (у відповідності до загальновживаних правил).

З урахуванням всієї вищезазначеної інформації, визначимо необхідну кількість рядів світильників у кожному приміщенні офісу за допомогою формули 2.3:

$$N_{p(\text{вестибюль})} = \frac{2,6}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 2,78 \approx 3 \text{ ряди};$$

$$N_{p(\text{кімната охорони})} = \frac{2,5}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 2,67 \approx 3 \text{ ряд};$$

$$N_{p(\text{кабінет 1})} = \frac{2,5}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 2,67 \approx 3 \text{ ряди ;}$$

$$N_{p(\text{маркетингова зала})} = \frac{5,1}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 5,4 \approx 5 \text{ рядів ;}$$

$$N_{p(\text{коридор})} = \frac{1,5}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 1,6 \approx 2 \text{ ряди ;}$$

$$N_{p(\text{кабінет 2})} = \frac{2,5}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 2,67 \approx 3 \text{ ряди ;}$$

$$N_{p(\text{кабінет директора})} = \frac{4,6}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 4,91 \approx 5 \text{ рядів ;}$$

$$N_{p(\text{туалет 1})} = \frac{1,8}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 1,92 \approx 2 \text{ ряди ;}$$

$$N_{p(\text{туалет 2})} = \frac{1,8}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 1,92 \approx 2 \text{ ряди ;}$$

$$N_{p(\text{кабінет 3})} = \frac{2,7}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 2,88 \approx 3 \text{ ряди ;}$$

$$N_{p(\text{кабінет 4})} = \frac{6,2}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 6,63 \approx 7 \text{ рядів ;}$$

$$N_{p(\text{кухня})} = \frac{1,7}{(2,5 - 0,8) \cdot 0,55} = 1,81 \approx 2 \text{ ряди .}$$

Далі проведемо розрахунок максимальної допустимої відстані між рядами світильників для кожної із кімнат офісного приміщення за формулою:

$$L_{max} = \frac{B}{N_p}, \quad (2.4)$$

де:

B – ширина приміщення, м;

N_p – кількість рядів світильників;

L_{max} – максимальна допустима відстань між рядами світильників, м.

Отже, отримаємо:

$$L_{max(\text{вестибюль})} = \frac{2,6}{3} = 0,86 \text{ м};$$

$$L_{max(\text{кімната охорони})} = \frac{2,5}{3} = 0,83 \text{ м};$$

$$L_{max(\text{кабінет 1})} = \frac{2,5}{3} = 0,83 \text{ м};$$

$$L_{max(\text{маркетингова зала})} = \frac{5,1}{5} = 1 \text{ м};$$

$$L_{max(\text{коридор})} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ м};$$

$$L_{max(\text{кабінет 2})} = \frac{2,5}{3} = 0,83 \text{ м};$$

$$L_{max(\text{кабінет директора})} = \frac{4,6}{5} = 0,92 \text{ м};$$

$$L_{max(\text{туалет 1})} = \frac{1,8}{2} = 0,9 \text{ м};$$

$$L_{\max(\text{туалет 2})} = \frac{1,8}{2} = 0,9 \text{ м ;}$$

$$L_{\max(\text{кабінет 3})} = \frac{2,7}{3} = 0,9 \text{ м ;}$$

$$L_{\max(\text{кабінет 4})} = \frac{6,2}{7} = 0,88 \text{ м ;}$$

$$L_{\max(\text{кухня})} = \frac{1,7}{2} = 0,85 \text{ м .}$$

Далі визначимо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = \frac{L_{\max}}{[L/h]}, \quad (2.5)$$

де:

$L_{\max}$ – максимальна допустима відстань між рядами світильників, м;

$[L/h]$ – числове значення коефіцієнта світильника;

h – допустима висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м.

Отже, будемо мати:

$$h_{(\text{вестибюль})} = \frac{0,86}{0,55} = 1,6 \text{ м ;}$$

$$h_{(\text{кімната охорони})} = \frac{0,83}{0,55} = 1,5 \text{ м ;}$$

$$h_{(\text{кабінет 1})} = \frac{0,83}{0,55} = 1,5 \text{ м ;}$$

$$h_{\text{(маркетингова зала)}} = \frac{1}{0,55} = 1,81 \text{ м};$$

$$h_{\text{(коридор)}} = \frac{0,75}{0,55} = 1,36 \text{ м};$$

$$h_{\text{(кабінет 2)}} = \frac{0,83}{0,55} = 1,5 \text{ м};$$

$$h_{\text{(кабінет директора)}} = \frac{0,92}{0,55} = 1,67 \text{ м};$$

$$h_{\text{(туалет 1)}} = \frac{0,9}{0,55} = 1,63 \text{ м};$$

$$h_{\text{(туалет 2)}} = \frac{0,9}{0,55} = 1,63 \text{ м};$$

$$h_{\text{(кабінет 3)}} = \frac{0,88}{0,55} = 1,6 \text{ м};$$

$$h_{\text{(кабінет 4)}} = \frac{0,85}{0,55} = 1,54 \text{ м};$$

$$h_{\text{(кухня)}} = \frac{0,85}{0,55} = 1,54 \text{ м}.$$

Тепер, визначимо висоту звисання світильника від стелі за формулою:

$$h_3 = H - h_p - h, \quad (2.6)$$

де:

H – висота приміщення, м;

h_p – висота робочої поверхні над підлогою, м;

h – допустима висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м;

h_z – висоту звисання світильника від стелі, м.

Отримаємо, що:

$$h_{z(\text{вестибюль})} = 2,5 - 0,8 - 1,6 = 0,1 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{кімната охорони})} = 2,5 - 0,8 - 1,5 = 0,2 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{кабінет 1})} = 2,5 - 0,8 - 1,5 = 0,2 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{маркетингова зала})} = 2,5 - 0,5 - 1,81 = 0,19 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{коридор})} = 2,5 - 0,8 - 1,36 = 0,34 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{кабінет 2})} = 2,5 - 0,8 - 1,5 = 0,2 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{кабінет директора})} = 2,5 - 0,8 - 1,67 = 0,03 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{туалет 1})} = 2,5 - 0,8 - 1,63 = 0,07 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{туалет 2})} = 2,5 - 0,8 - 1,63 = 0,07 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{кабінет 3})} = 2,5 - 0,8 - 1,6 = 0,1 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{кабінет 4})} = 2,5 - 0,8 - 1,54 = 0,16 \text{ м};$$

$$h_{z(\text{кухня})} = 2,5 - 0,8 - 1,54 = 0,16 \text{ м}.$$

Висота звисання світильника в кімнатах офісного приміщення може бути вибрана згідно з технологічною доцільністю. Іншими словами, за формулою 2.6 ми розраховували максимально можливі межі у відповідності до яких рекомендується встановлювати світильники в кожній конкретній кімнаті офісного приміщення.

Далі визначимо чисельне значення індексу кожної кімнати офісного приміщення за формулою 2.2:

$$i_{\text{(вестибюль)}} = \frac{26,89}{1,6 \cdot (8,9 + 2,6)} = 1,46 ;$$

$$i_{\text{(кімната охорони)}} = \frac{9,25}{1,5 \cdot (3,7 + 2,5)} = 0,99 ;$$

$$i_{\text{(кабінет 1)}} = \frac{9,25}{1,5 \cdot (3,7 + 2,5)} = 0,99 ;$$

$$i_{\text{(маркетингова зала)}} = \frac{45,39}{1,81 \cdot (8,9 + 5,1)} = 1,8 ;$$

$$i_{\text{(коридор)}} = \frac{13,35}{1,36 \cdot (8,9 + 1,5)} = 0,94 ;$$

$$i_{\text{(кабіне 2)}} = \frac{9,25}{1,5 \cdot (3,7 + 2,5)} = 0,99 ;$$

$$i_{\text{(кабінет директора)}} = \frac{17,02}{1,67 \cdot (3,7 + 4,6)} = 1,2 ;$$

$$i_{\text{(туалет 1)}} = \frac{3,6}{1,63 \cdot (2 + 1,8)} = 0,3 ;$$

$$i_{(\text{туалет } 2)} = \frac{3,06}{1,63 \cdot (1,7 + 1,8)} = 0,54 ;$$

$$i_{(\text{кабінет } 3)} = \frac{13,77}{1,6 \cdot (5,1 + 2,7)} = 1,1 ;$$

$$i_{(\text{кабінет } 4)} = \frac{31,62}{1,54 \cdot (5,1 + 6,2)} = 1,8 ;$$

$$i_{(\text{кухня})} = \frac{3,4}{1,54 \cdot (2 + 1,7)} = 0,6 .$$

В залежності від виділення пилу у процесі роботи та коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення (ρ_c , ρ_{cm} , ρ_n) розрізняють наступні типи приміщень:

- світлі приміщення: $\rho_c=70\%$; $\rho_{cm}=50\%$; $\rho_n=30\%$;
- приміщення з незначним пиловим виділенням $\rho_c=50\%$; $\rho_{cm}=30\%$; $\rho_n=10\%$;
- приміщення зі значним пиловим виділенням $\rho_c=30\%$; $\rho_{cm}=10\%$; $\rho_n=10\%$.

Оскільки офісне приміщення, яке розглядається в даному дипломному проекті є приміщенням адміністративного характеру, то приймаємо значення коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення: $\rho_c=70\%$; $\rho_{cm}=50\%$; $\rho_n=30\%$, тобто вважатимемо, що всі кімнати в офісі є світлими.

Для визначення коефіцієнта використання світлового потоку η , необхідного для подальших розрахунків, скористаємося даними таблиці 2.6, де за індексом приміщень та коефіцієнтами їх відбиття можна підібрати потрібне значення.

Таблиця 2.6 – Значення коефіцієнта використання світлового потоку

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

З урахуванням даних таблиці 2.6, виберемо значення коефіцієнта використання світлового потоку η для кожної кімнати офісного приміщення:

- вестибюль: $\eta = 0,5$;
- кімната охорони: $\eta = 0,43$;
- кабінет 1: $\eta = 0,43$;
- маркетингова зала: $\eta = 0,56$;
- коридор: $\eta = 0,43$;
- кабінет 2: $\eta = 0,43$;
- кабінет директора: $\eta = 0,50$;
- туалет 1: $\eta = 0,25$;
- туалет 2: $\eta = 0,31$;
- кабінет 3: $\eta = 0,45$;
- кабінет 4: $\eta = 0,56$;
- кухня: $\eta = 0,31$.

Для визначення сумарного світлового потоку освітлювальної установки в кожній кімнаті офісного приміщення скористаємось наступною формулою:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_z \cdot z}{\eta}, \quad (2.7)$$

де:

Φ_{Σ} – розрахункове значення сумарного світлового потоку у приміщенні, Лм;

E_n – нормоване значення освітленості, Лк;

S – площа освітлюваної поверхні, м²;

k_z – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Отже, враховуючі дані таблиць 2.1, 2.2 та 2.5 будемо мати наступні результати:

$$\Phi_{\Sigma \text{вестибюль}} = \frac{150 \cdot 26,89 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,5} = 9277 \text{ Лм};$$

$$\Phi_{\Sigma \text{кімната охорони}} = \frac{300 \cdot 9,25 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,43} = 7421 \text{ Лм};$$

$$\Phi_{\Sigma \text{кабінет 1}} = \frac{300 \cdot 9,25 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,43} = 7421 \text{ Лм};$$

$$\Phi_{\Sigma \text{маркетингова зала}} = \frac{150 \cdot 45,39 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,56} = 13982 \text{ Лм};$$

$$\Phi_{\Sigma \text{коридор}} = \frac{50 \cdot 13,35 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,43} = 1785 \text{ Лм};$$

$$\Phi_{\Sigma \text{кабінет 2}} = \frac{300 \cdot 9,25 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,43} = 11743,8 \text{ Лм};$$

$$\Phi_{\Sigma \text{кабінет директора}} = \frac{300 \cdot 17,02 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,5} = 11744 \text{ Лм};$$

$$\Phi_{\Sigma \text{туалет 1}} = \frac{50 \cdot 3,6 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,25} = 207 \text{ Лм};$$

$$\Phi_{\Sigma \text{туалет 2}} = \frac{50 \cdot 3,06 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,31} = 567 \text{ Лм};$$

$$\Phi_{\Sigma \text{кабінет 3}} = \frac{300 \cdot 13,77 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,45} = 10557 \text{ Лм};$$

$$\Phi_{\Sigma \text{кабінет 4}} = \frac{300 \cdot 31,62 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,56} = 19480 \text{ Лм};$$

$$\Phi_{\Sigma \text{кухня}} = \frac{150 \cdot 3,4 \cdot 1 \cdot 1,15}{0,31} = 1892 \text{ Лм}.$$

2.3 Розрахунок необхідної кількості та вибір типу світильників для кімнат офісного приміщення

Для визначення необхідної кількості світильників у кожній кімнаті офісного приміщення використовується наступна формула:

$$N^* = \frac{S}{L_{\max}^2}, \quad (2.8)$$

де:

N^* – кількість LED-світильників в кімнаті офісного приміщення, шт.;

S – площа освітлюваної поверхні, м^2 ;

$L_{\max}$ – максимальна допустима відстань між рядами світильників, м.

Оскільки всі необхідні величини нам відомі, отримаємо:

$$N^*_{\text{вестибюль}} = \frac{26,89}{0,86^2} = 36 \text{ шт};$$

$$N^*_{\text{кімната охорони}} = \frac{9,25}{0,83^2} = 13 \text{ шт};$$

$$N^*_{\text{кабінет 1}} = \frac{9,25}{0,83^2} = 13 \text{ шт ;}$$

$$N^*_{\text{маркетингова зала}} = \frac{45,39}{1^2} = 45 \text{ шт ;}$$

$$N^*_{\text{коридор}} = \frac{13,35}{0,75^2} = 23 \text{ шт ;}$$

$$N^*_{\text{кабінет 2}} = \frac{9,25}{0,83^2} = 13 \text{ шт ;}$$

$$N^*_{\text{кабінет директора}} = \frac{17,02}{0,92^2} = 20 \text{ шт ;}$$

$$N^*_{\text{туалет 1}} = \frac{3,6}{0,9^2} = 4 \text{ шт ;}$$

$$N^*_{\text{туалет 2}} = \frac{3,06}{0,9^2} = 4 \text{ шт ;}$$

$$N^*_{\text{кабінет 3}} = \frac{13,77}{0,9^2} = 17 \text{ шт ;}$$

$$N^*_{\text{кабінет 4}} = \frac{31,62}{0,88^2} = 41 \text{ шт ;}$$

$$N^*_{\text{кухня}} = \frac{3,4}{0,85^2} = 5 \text{ шт .}$$

Тепер скорегуємо число світильників та визначити їхню фактичну кількість, яка має відповідати рівнокількісному розміщенню світильників у кожному ряді. Для цього використаємо наступну формулу:

					ДП.141.042.019.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$N_{ск.}^* = \frac{N^*}{N_{p(туалет)}} , \quad (2.9)$$

де:

$N_{ск.}^*$ – скорегована кількість LED-світильників в кімнаті офісного приміщення, шт./ряд;

N^* – кількість LED-світильників в конкретній кімнаті офісного приміщення (була визначена за формулою 2.3), шт.;

N_p – кількість рядів світильників.

Отримаємо, що:

$$N_{вестибюль}^* = \frac{36}{3} = 12 \rightarrow \text{приймаємо 12 шт./ряд ;}$$

$$N_{кімната охорони}^* = \frac{13}{3} = 4,3 \rightarrow \text{приймаємо 4 шт./ряд ;}$$

$$N_{кабінет 1}^* = \frac{13}{3} = 4,3 \rightarrow \text{приймаємо 4 шт./ряд ;}$$

$$N_{маркетингова зала}^* = \frac{45}{5} = 9 \rightarrow \text{приймаємо 9 шт./ряд ;}$$

$$N_{коридор}^* = \frac{23}{2} = 11,5 \rightarrow \text{приймаємо 11 шт./ряд ;}$$

$$N_{кабінет 2}^* = \frac{13}{3} = 4,3 \rightarrow \text{приймаємо 4 шт./ряд ;}$$

$$N_{кабінет директора}^* = \frac{20}{5} = 4 \rightarrow \text{приймаємо 4 шт./ряд ;}$$

$$N^*_{туалет\ 1} = \frac{4}{2} = 2 \rightarrow \text{приймаємо 2 шт./ряд ;}$$

$$N^*_{туалет\ 2} = \frac{4}{2} = 2 \rightarrow \text{приймаємо 2 шт./ряд ;}$$

$$N^*_{кабінет\ 3} = \frac{17}{3} = 5,6 \rightarrow \text{приймаємо 5 шт./ряд ;}$$

$$N^*_{кабінет\ 4} = \frac{41}{7} = 5,8 \rightarrow \text{приймаємо 6 шт./ряд ;}$$

$$N^*_{кухня} = \frac{5}{2} = 2,5 \rightarrow \text{приймаємо 2 шт./ряд .}$$

Далі необхідно вибрати тип світильників відповідно до розрахованого сумарного значення світлового потоку за допомогою формули 2.7. Для зручності, тип світильників у кожній кімнаті офісного приміщення буде зведено до таблиці 2.7.

Однак, при виборі точкових світильників також слід врахувати, що:

$$\Phi_{\Sigma} \leq \Phi_{\Sigma \text{ виб. світ. }} \quad (2.10)$$

де:

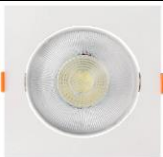
Φ_{Σ} – розрахункове значення сумарного світлового потоку у приміщенні, Лм;

$\Phi_{\Sigma \text{ виб. світ. }}$ – загальний світловий потік вибраних типів світильників в кімнаті офісного приміщення, Лм.

Таблиця 2.7 – Вибір типу світильників офісного приміщення

Назва кімнати квартирного приміщення	Розрахункове значення сумарного світлового потіку у приміщенні Φ_{Σ} , Лм	Тип обраного світильника, та його світловий потік, Φ світильника, Лм	Скорегована кількість світильників в кімнаті квартирного приміщення $N_{ск}^*$, шт./ряд	Загальний світловий потік вибраних типів світильників $\Phi_{\Sigma \text{ виб. світ.}}$, Лм
1	2	3	4	5
Вестибюль	9277	 SUNLED Φ світильника = 260 Лм	12 шт. / 3 ряд.	9360
Кімната охорони	7421	 BIT S Φ світильника = 650 Лм	4 шт. / 3 ряд.	7800
Кабінет 1	7421	 BIT S Φ світильника = 650 Лм	4 шт. / 3 ряд.	7800
Маркетингова зала	13989	 NOWODVORSKI Φ світильника = 320 Лм	9 шт. / 5 ряд.	14400
Коридор	1785	 BRILLE Φ світильника = 100 Лм	11 шт. / 2 ряд.	2200
Кабінет 2	11743,8	 NOWODVORSKI Φ світильника = 1000 Лм	4 шт. / 3 ряд.	12000

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5
Кабінет директора	11744	 AZZARDO Φ світильника = 600 Лм	4 шт. / 5 ряд.	12000
Туалет 1	207	 HOROZ ELECTRIC Φ світильника = 100 Лм	2 шт. / 2 ряд.	400
Туалет 2	567	 HOROZ ELECTRIC Φ світильника = 150 Лм	2 шт. / 2 ряд.	600
Кабінет 3	10557	 NOWODVORSKI Φ світильника = 750 Лм	5 шт. / 3 ряд.	11250
Кабінет 4	19480	 NOWODVORSKI Φ світильника = 500 Лм	6 шт. / 7 ряд.	21000
Кухня	1892	 LEZARD PANEL Φ світильника = 500 Лм	2 шт. / 2 ряд.	2000

2.4 Розрахунок кількості та вибір типу датчиків руху

Датчики руху – це пристрої, які дозволяють автоматизувати багато дій навіть без використання системи "розумного будинку". Вони дозволяють налаштувати включення світла та сигналізації, запуск відеозйомки, відкриття

та закриття дверей або воріт. Ці пристрої можна встановлювати як всередині приміщень, так і на вулиці, забезпечуючи додатковий захист. Існує можливість придбати готовий прожектор з датчиком руху, який легше підключити до електромережі, встановити та використовувати.

Датчики руху можуть використовуватися для різних цілей. Перш за все, вони забезпечують безпеку в житлових, громадських та комерційних приміщеннях, господарських будівлях, відкритих складах, прибудинкових ділянках та територіях підприємств. Датчики допомагають контролювати рух людей та транспорту, включаючи освітлення або передаючи інформацію охоронній системі. Їх присутність дозволяє включати лампочку тільки тоді, коли в межах охоронної зони виявляється рух, що дозволяє економити електроенергію.

Також, датчики руху потрібні і в приміщеннях, де можуть використовуватися не тільки для охорони, а й скорочення часу на пошуки вимикача. Їх варто поставити у місцях, де люди знаходяться недовго – наприклад, у коридорі чи на сходах. Або навіть у коморі, в гаражі або в санвузлі, підсвічування яких включається лише, якщо до приміщення хтось зайшов. Виявивши рух, датчик включає світло, яке продовжує горіти рівно стільки, скільки потрібно, щоб перетнути зону видимості або виконати якісь нетривалі дії.

У нашому випадку ми зацікавлені в датчиках руху, які будуть працювати з освітленням. Проте, перед вибором необхідної моделі датчика, яка буде контролювати рух і вмикає світло, важливо звернути увагу на наступні характеристики:

- умови навколишнього середовища;
- час спрацювання;
- радіус дії.

Також, варто врахувати спосіб розміщення датчиків. Пристрій може бути настінним, кутовим або стельовим. Останній варіант відрізняється максимальними кутами огляду та дозволяють сканувати весь простір

					ДП.141.042.019.ПЗ	Аркуш
						50
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приміщення. Але точність контролю такого пристрою нижче. Для її збільшення вибирають кутові та настінні моделі, але кут їх огляду не перевищує 180 градусів.

Визначають необхідну кількість датчиків руху за формулою:

$$n_{\text{др}} = \frac{S_{\text{пр}}}{r_{\text{др}}}, \quad (2.11)$$

де:

$n_{\text{др}}$ – кількість датчиків освітленості, шт.;

$S_{\text{пр}}$ – площа кімнати офісного приміщення, м²;

$r_{\text{др}}$ – максимальний радіус відстань спрацювання датчика руху.

На українському ринку існує великий вибір датчиків руху для систем освітлення. Перед розрахунком кількості необхідних датчиків, потрібно визначитися з приміщеннями, де вони будуть встановлюватись, і вибрати модель, враховуючи рекомендації щодо радіусу дії, часу спрацювання та способу розміщення. Обрана модель повинна бути швидкодіючою, мати достатній радіус дії, настінний або кутовий тип кріплення, а також відповідати параметру "ціна/якість".

Серед великого різноманіття датчиків руху на міжнародному ринку та в Україні відмінно зарекомендували себе датчики компанії-виробника ІЕК (див. рис. 2.3), які відповідають всім нашим поставленим вимогам, а саме:

- максимальний радіус відстань спрацювання – 5 м;
- кут виявлення – 180°;
- час затримки відключення – 10с...7 хв;
- Час спрацювання: 0,5 мс.

Згідно з рекомендаціями щодо розміщення, обрану модель датчика руху доцільно встановити в коридорі, туалеті 1, туалеті 2 та кухні нашого офісу.



Рисунок 2.3 – Датчик руху ІЕК ДД009

Далі визначимо необхідну кількість датчиків руху ІЕК у визначених приміщеннях для їх встановлення за формулою 2.11:

$$n_{\text{др (коридор)}} = \frac{13,35}{5} = 3 \text{ шт.};$$

$$n_{\text{др (туалет 1)}} = \frac{3,6}{5} = 1 \text{ шт.};$$

$$n_{\text{др (туалет 2)}} = \frac{3,06}{5} = 1 \text{ шт.};$$

$$n_{\text{др (кухня)}} = \frac{3,4}{5} = 1 \text{ шт.}$$

2.5 Розрахунок кількості та вибір типу датчиків освітленості

Датчик освітленості – це спеціалізований технічний пристрій автоматичного керування джерелами світла, що реагує на ступінь освітленості певного простору. Як правило, реагування відбувається на ступінь природного освітлення, головне завдання датчиків освітлення економія електроенергії шляхом припинення освітлення приміщень і територій де освітлення певний час непотрібне.

					ДП.141.042.019.ПЗ	Аркуш
						52
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура і вологість навколишнього середовища не впливають на включення датчика. В сучасних моделях датчиків освітлення регульований світловий поріг спрацьовування дозволяє налаштувати датчик в діапазоні величини освітленості приміщення.

Робота цього пристрою базується на простому принципі. Він має фототранзистор або фоторезистор, які можуть вимірювати рівень освітленості. Фоторезистор змінює свій опір залежно від світлового потоку, а фототранзистор генерує електроенергію при освітленні. Головне, що ці пристрої можуть точно визначати рівень освітленості і, коли досягаються певні пороги, вони вмикають або вимикають електричне коло, відповідно включаючи або вимикаючи освітлення.

Датчик освітленості може бути підключений до кожного світильника окремо або до всієї мережі, що дозволяє контролювати вмикання і вимикання освітлення на великій площі. Прилад дуже простий у встановленні і не потребує спеціалізованого догляду, що робить його ідеальним для побутового використання. Робота датчика не потребує втручання людини і звільняє від рутинних обов'язків, стаючи важливим елементом "розумного будинку".

Зазвичай датчики освітленості встановлюються в місцях, де в світлий час доби простір освітлюється природним світлом, а при настанні темряви – електричним.

При розрахунку необхідної кількості датчиків освітленості для кімнат офісного приміщення враховують ту кількість кімнат, де є вікна, бо якщо в кімнату не потрапляє денне світло, то датчику немає на що реагувати. Для того, щоб визначити необхідну кількість датчиків освітленості скористаємось наступним виразом:

$$n_{\text{до}} = n_{\text{к. з вікн.}}, \quad (2.12)$$

де:

$n_{\text{до}}$ – кількість датчиків освітленості, шт.;

$n_{\text{к. з вікн.}}$ — кількість кімнат офісного приміщення у яких є вікна.

Отже, враховуючи вище записаний вираз 2.12 та план офісного приміщення зображений на рисунку 2.1 маємо, що вікна встановлені в наступних кімнатах:

- вестибюль;
- кабінет 1;
- маркетингова зала;
- кабінет 2;
- кабінет директора;
- кабінет 3;
- кабінет 4.

Отже, приймаємо необхідну кількість датчиків освітленості рівною значенню 7 шт.

На ринку продажу України сьогодні доступний широкий асортимент датчиків освітленості. У нашому випадку, ми зацікавлені в не програмованих датчиках, оскільки плануємо використовувати їх для керування світильниками в офісній кімнаті, де вони будуть встановлені. З урахуванням співвідношення "ціна/якість", оберемо датчик освітленості моделі VL-SN03 від компанії VIDEX (див. рис. 2.4), який вважається одним з найкращих як з точки зору якості виконання своїх функцій, так і з точки зору вартості.



Рисунок 2.4 – Датчик освітленості VIDEX VL-SN03

					ДП.141.042.019.ПЗ	Аркуш
						54
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З РЕЗЕРВНЕ ЖИВЛЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ОФІСНОГО ПРИМІЩЕННЯ

3.1 Вибір схеми реалізації системи резервного живлення

Для реалізації системи резервного живлення в даному дипломному проєкті ми можемо скористатись двома поширеними варіантами схем, а саме: використати, як альтернативу, варіант системи з'єднаної з мережею в якості резервного електропостачання, або ж скористатись автономно-мережевою варіацією системи резервного живлення на базі сонячної електростанції. При чому, обидва варіанти реалізації мають свої переваги та недоліки, тому нижче розглянемо їх більш детально.

На рисунку 3.1 зображено схему роботи системи з'єднаної з мережею. При наявності достатньої кількості фотоелектричних модулів, частина навантаження у такій системі може бути забезпечена за рахунок сонячної електрики. Фотоелектричні системи, які підключені до мережі, зазвичай складаються з модулів, інвертора, кабелів, підтримуючої структури та електричного навантаження.

Власники фотоелектричної системи, підключеної до мережі, щомісяця купують та продають електрику. Енергія, згенерована фотоелементами, використовується на місці або подається в мережу. У випадку, коли власнику системи потрібно більше електрики, ніж вона виробляє, наприклад, ввечері, додаткова електрика автоматично постачається з мережі. А якщо система виробляє більше електрики, ніж може спожити господарство, надлишок продається в мережу. Таким чином, комунальна мережа виступає як резерв для фотоелектричної системи, подібно до акумулятора для автономної установки. На кінці місяця кредит за продану електрику знімається з рахунку

					ДП.141.042.019.ПЗ							
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	РЕЗЕРВНЕ ЖИВЛЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ОФІСНОГО ПРИМІЩЕННЯ				Літ.		Арк.	Аркушів
Розробив	Цалко Д.В.								У		55	96
Перевір	Антипчук Б.О.											
Н. Контр.	Антипчук Б.О.											
Затв.	Лавріщев О.О.								ЖАТФК, Гр. Е-42			

за спожиту енергію. Однак, недоліком такої системи є те, що в ній відсутні акумуляторні батареї, а тому така система може ефективно працювати в якості резервного живлення лише в світлий час доби.

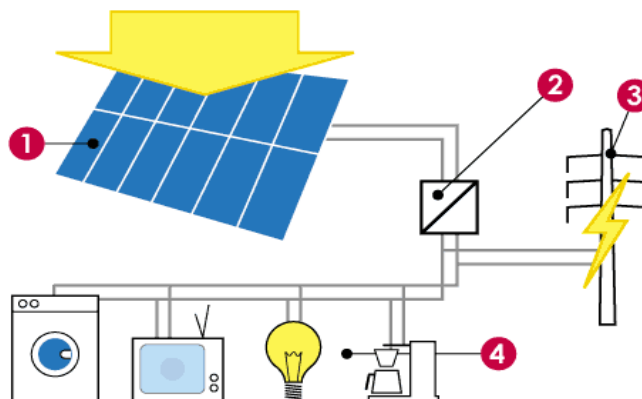


Рисунок 3.1 – Схема роботи системи з'єднаної з мережею: 1 – сонячні панелі, 2 – інвертор, 3 – мережа, 4 – навантаження

На рисунку 3.2 показано автономно-мережеву резервну сонячну систему живлення. Її прийнято використовувати там де є з'єднання з мережею централізованого електропостачання, але сама мережа ненадійна.

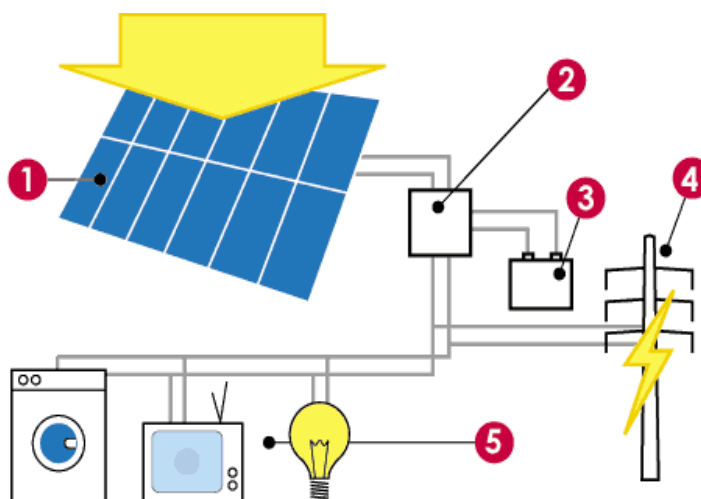


Рисунок 3.2 – Схема роботи автономно-мережевої системи: 1– сонячні панелі 2 – контролер заряду акумуляторних батарей + інвертор, 3 – акумуляторні батареї, 4 – мережа, 5 – навантаження

У випадках, коли в мережі відсутня напруга, резервні системи можуть бути використані для забезпечення електропостачання. Потужність такої фотоелектричної системи залежить від потреби в енергії для живлення важливого навантаження і тривалості періодів відключення мережі.

Резервна автономно-мережева система електропостачання має ряд переваг:

- повне використання електроенергії виробленої сонячними модулями;
- незалежність від тимчасових відключень електромережі;
- економія коштів, за рахунок продажу «чистої» енергії в мережу;
- надійне електропостачання.

Підводячи підсумки, бачимо, що обидві з предствлених систем є доволі непоганими для реалізації резервного живлення освітлення в нашому офісному приміщенні, однак, свій вибір зупинемо, всетаки, на автономно-мережевій системі резервного живлення, так як така система здатна накопичувати енергію, а тому може забезпечити надійне електропостачання в будьяку пору року та не залежить від наявності сонячного випромінення в момент її безпосередньої роботи.

3.2 Визначення тижневої сумарної спожитої потужності системи освітлення офісного приміщення

Проектування резервного живлення освітлювальної системи офісного приміщення розробленої у попередньому розділі дипломного проекту слід розпочати із визначення загальної електричної потужності, яку має забезпечити сонячна електростанція. Для цього складемо таблицю 3.1 у якій зведемо інформації по розробленій системі освітлення з точки зору її потужності споживання, часу її роботи і т.д.

Також важливим буде відмітити той факт, що саме офісне приміщення розташоване у м. Житомир.

Таблиця 3.1 – Характеристика розробленої енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення

Типи системи освітлення	Енергозберігаюча система адаптивного LED-освітлення
Тип освітлювальної лампи	LED-лампа
Кількість світильників	224 шт.
Кількість ламп	291 шт.
Режим роботи (годин на добу)	8 год./доб.
Режим роботи (годин на добу) за наявності адаптивного керування	2 – 4 год./доб.
Кількість робочих днів на тиждень	5 днів
Середня потужність лампи системи освітлення, Вт	5 Вт
Потужність системи освітлення, кВт	1,45 кВт

Отже, враховуючи дані таблиці 3.1, визначимо електричну потужність розробленої енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення за тиждень:

$$P_{\text{сп_тиж.}} = n_{\text{рд}} \cdot n_{\text{рг/доба}} \cdot P_{\text{сп}}, \quad (3.1)$$

де:

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

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

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

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

Будемо мати, що:

$$P_{\text{сп_тиж.}} = 6 \cdot 2 \cdot 1,45 \cdot 10^3 = 17400 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 17,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Отже, бачимо, що резервне живлення на базі сонячної електростанції для енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення, має забезпечити її живлення потужністю 17,4 кВт · год на тиждень.

3.3 Розрахунок кількості та вибір типу сонячних панелей

На сьогоднішній день існує досить великий асортимент з точки зору вибору сонячних панелей на ринку України. Найбільш поширеними типами сонячних панелей, які використовують для реалізації сонячних електростанцій є:

- монокристалічні;
- полікристалічні.

Монокристалічні панелі (див. рис. 3.3) мають, як свої переваги, так і недоліки. До переваг даного виду панелей відносяться:

- достатньо високі показники роботи (це досягається завдяки високому ступеню очищення кремнію);
- високий рівень продуктивності, він досягає 18-23% (саме за цю перевагу монокристалічні сонячні панелі користуються попитом серед користувачів);
- сонячні панелі від провідних виробників монокристалу можуть забезпечити більш високу продуктивність в умовах недостатньої освітленості (в ранкові та вечірні години) та при значній хмарності;
- компактність (площа використовується маленька для розміщення батареї, при цьому, продуктивність її роботи вище, ніж полікристалічної панелі);
- тривалий період експлуатації, так, гарантований строк служби монокристалічної панелі складає від 25 до 30 років.

Єдиним недоліком сонячних панелей такого типу є їхня вартість. Вона значно вище, ніж у інших варіантів, які можна використати для вирішення

задачі поставленою в даному розділі дипломного проекту. Тому для встановлення панелей даного типу треба буде зробити суттєві капітальні вкладення.

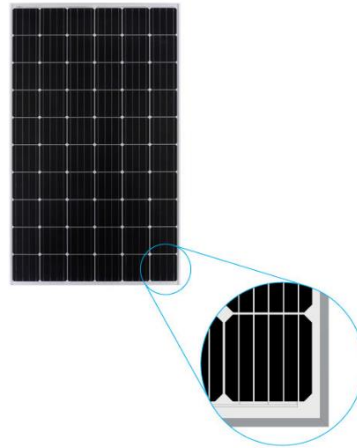


Рисунок 3.3 – Монокристалічна сонячна панель

Монокристалічні панелі виготовляють із кремнію високого ступеня очищення, а тому при рівній потужності сонячної установки, установка зібрана на монокристалічних панелях займатиме менше місця ніж установка зібрана на іншому поширеному типі панелей – полікристалічному, про який поговоримо нижче.

Полікристалічні сонячні панелі (див. рис. 3.4) виготовляють з безлічі кристалів кремнію, які виходять шляхом заливання розпеченого кремнію в спеціальні форми. Потім, заготовку доводять до повного охолодження і розрізають на прямокутні злитки. Таким чином, формуються дрібні різноспрямовані кристали на які наносяться електроди та анти віддзеркалене покриття.

Полікристалічні панелі мають строго квадратну або прямокутну форму, у монокристалічних панелей – закруглені кути. Монокристалічні сонячні панелі мають продуктивність, яка на 15–20% вище, ніж у полікристалічних. Коефіцієнт корисної дії полікристалічних панелей становить від 12 до 22%, а у монокристалічних – від 18 до 40%. Однак, головною перевагою

полікристалічних сонячних панелей є їх вартість, бо вони значно дешевші ніж монокристалічні.

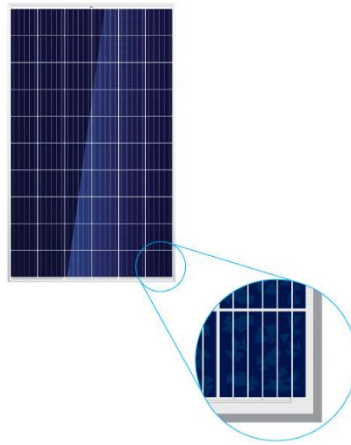


Рисунок 3.4 – Полікристалічна сонячна панель

Враховуючи вище зазначену інформацію зупинимо свій вибір на полікристалічному типі панелей, бо нас цікавить, щоб розроблена система резервного живлення відповідала не тільки показникам якості, але й економічній доцільності.

Далі визначимо потужність сонячної панелі, яка потрібна для забезпечення резервного живлення на одну годину роботи енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення:

$$P_{1\text{год}} = \frac{P_{\text{сп_тиж.}}}{168}, \quad (3.2)$$

де:

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

$P_{1\text{год}}$ – потужність сонячної панелі системи резервного живлення на одну годину роботи, Вт.

Будемо мати, що:

$$P_{1\text{год}} = \frac{17400}{168} = 103,6 \text{ Вт.}$$

Отже, для забезпечення однієї години роботи розробленої енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення потрібна сонячна панель потужністю 103,6 Вт. Отже, оберемо для цього полікристалічну сонячну панель марки-виробника Volt Polska (габаритні розміри: 1,02x0,67x0,03 м) номінальною потужністю 110 Вт.

Обрана сонячна панель марки-виробника Volt Polska, яку ми обрали для реалізації нашого резервного живлення адаптивної енергозберігаючої системи освітлення показано на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Сонячна панель марки-виробника Volt Polska

Далі розрахуємо коефіцієнт корисної дії (ККД) обраної сонячної панелі:

$$\text{ККД}_{\text{СП}} = 0,3 \cdot P_{1\text{год}}, \quad (3.3)$$

де:

$\text{ККД}_{\text{СП}}$ – коефіцієнт корисної дії сонячної панелі Volt Polska.

Отже, отримаємо:

$$\text{ККД}_{\text{СП}} = 0,3 \cdot 110 = 33 \text{ Вт.}$$

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.141.042.019.ПЗ

Аркуш

Тепер розрахуємо скільки таких сонячних панелей потрібно нам, щоб забезпечити належне резервне живлення:

$$N_{\text{СП}} = \frac{P_{1\text{год}}}{\text{ККД}_{\text{СП}}}, \quad (3.4)$$

де:

$N_{\text{СП}}$ – необхідна кількість сонячних панелей Volt Polska, для реалізації системи резервного живлення, шт.

Матимемо, що:

$$N_{\text{СП}} = \frac{110}{33} = 3,3 \text{ шт.}$$

Виходячи з отриманого результату бачимо, що нам потрібно більше трьох сонячних панелей, тобто остаточне рішення по необхідній кількості приймаємо рівне чотирьом.

3.4 Розрахунок та вибір типу інвертора

Інвертори – напівпровідникові прилади, які призначені для трансформації електричної енергії постійного струму в електричну енергію змінного струму та необхідні для споживачів, які працюють від напруги 220 В і 380 В відповідно.

Основним блоком інвертора є його комутатор, який із заданою частотою змінює полярність підключення навантаження до джерела постійного струму, що і створює, в свою чергу, у навантаженні змінний струм. Керування комутатором інвертора відбувається за допомогою електронної схеми, яка в сучасних інверторах реалізована на базі мікроконтролерів, а також може містити трансформатор для підвищення або

зниження вихідного напруги, фільтри, різні пристосування для захисту, стабілізації і т.д.

Всі моделі інверторів, які існують на даний час можна розділити на три основні типи:

- інвертори мережевого типу;
- інвертори автономного типу;
- гібридні інвертори.

Вихідний каскад у всіх наведених вище типів інверторів багато в чому подібний, а основна відмінність полягає в схемі їх керування.

Інвертор мережевого типу має генератор частоти, автономний інвертор повинен працювати синхронно з промисловою мережею, а гібридний інвертор – поєднує в собі функції обох попередніх варіантів.

Однак, який би не був тип інвертора, він має характеризуватися високим коефіцієнтом корисної дії, який, в свою чергу, повинен бути більше ніж 90%.

Всі автономні інвертори трансформують постійний струм акумуляторних батарей. Внаслідок цього вхідна напруга таких типів інверторів повинна вибиратися з ряду номіналів: 12, 24, 48, 120 В та вище, і чим більше буде обрано значення вхідної напруги – тим простіше буде будова самого інвертора і тим більшим буде його коефіцієнт корисної дії. До форми ж вихідного сигналу автономних інверторів ставлять менш жорсткі вимоги. Важливим параметром інвертора автономного типу є залежність його коефіцієнта корисної дії від номіналу потужності підключеного до нього навантаження, тобто, іншими словами, він не повинен сильно знижуватися при підключенні до нього навантаження в десять разів меншого ніж номінальна потужність самого інвертора.

Стосовно інверторів мережевого типу, то до їх вихідного сигналу ставлять дуже жорсткі вимоги. Також, для того, щоб зменшити втрати при перетворенні постійного струму в змінний, такі інвертори, зазвичай, працюють при високих вхідних напругах, а через те, що їх вхідні кола

живляться саме від нетрадиційного джерела електричної енергії, то у своїй будові вони мають ще й регулятор відбору максимальної потужності.

Раніше, у підрозділі 3.1 даного дипломного проекту ми вже визначились із схемою реалізації системи резервного живлення та зупинились на варіанті, з точки зору якого, тип інвертора, який нам необхідний для вирішення поставленої задачі повинен бути саме гібридним, тобто має поєднувати в собі функціонал як автономного, так і мережевого інверторів.

Однак, перед тим, як обрати модель гібридного інвертора, визначимо енергію постійного струму з урахуванням втрат в самому інверторі та його потужність.

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

$$E_{\text{інверт.}} = k \cdot P_{\text{сп_тиж.}}, \quad (3.5)$$

де:

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

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

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

Будемо мати, що:

$$E_{\text{інверт.}} = 1,2 \cdot 17400 = 20880 \text{ Вт·год.}$$

Далі проведемо розрахунок потужності самого інвертора:

$$P_{\text{інверт.}} = \frac{E_{\text{інверт.}}}{n_{\text{рд_інв.}}}, \quad (3.6)$$

де:

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

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

Отримаємо:

$$P_{\text{інверт.}} = \frac{20880}{7} = 2983 \text{ Вт.}$$

Отже враховуючи вище зазначені результат розрахунків оберемо гібридний трьохфазний інвертор компанії-виробника AXIOMA ENERGY на 3кВт модель ISMPPT BF3000 (див. рис. 3.6).

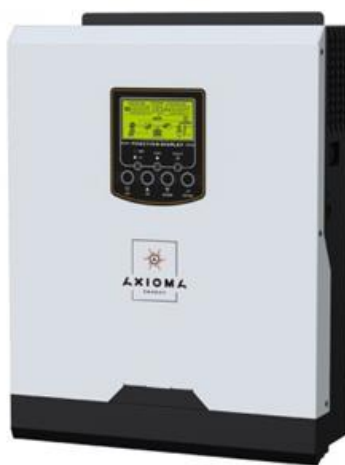


Рисунок 3.6 – Гібридний інвертор AXIOMA ENERGY модель ISMPPT BF3000

Технічні характеристики обраної моделі інвертора AXIOMA ENERGY модель ISMPPT BF3000 наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики інвертора AXIOMA ENERGY
модель ISMPPT BF3000

Країна виробник	Китай
Номинальна потужність	3000 Вт
Номинальна вихідна напруга	230 ± 5% 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.

3.5 Розрахунок та вибір типу акумуляторних батарей

Акумуляторні батареї є джерелами струму, які можна використовувати багаторазово. Основна особливість цих батарей полягає в тому, що після їх заряджання вони можуть працювати протягом певної кількості годин, яку встановив виробник.

Ємність акумулятора – це показник, який вказує, як довго батарея зможе жити пристрій і забезпечити його автономну роботу при певному навантаженні. Ємність батареї впливає на її вартість, область застосування і термін служби. Вимірюється ємність акумуляторної батареї у амперах на годину (А·год).

Щоб визначити ємність акумуляторних батарей, необхідну для реалізації резервного живлення системи освітлення офісного приміщення в даному дипломному проекті скористаємося стандартною формулою:

$$C_{AB_заг.} = \frac{P_{сп} \cdot t}{U \cdot k}, \quad (3.7)$$

де:

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

$P_{сп}$ – потужність розробленої енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення, Вт (див. табл. 3.1);

t – час роботи акумуляторних батарей, год.;

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

U – напруга акумуляторних батарей, В.

Значення коефіцієнта k , який компенсує ситуацію неповного заряду батареї за часту приймають рівним 0,95, тобто 95 %.

Отже враховуючи дані таблиці 3.1, у відповідності до якої загальна потужність розробленої енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення становить $1,45 \cdot 10^3$ Вт, а також, що час роботи акумуляторних батарей резервного живлення приймаємо рівний значенню $t = 3$ год., $k = 0,95$, напруга акумуляторних батарей $U = 24$ В (у відповідності до вибраного інвертора), будемо мати, що:

$$C_{\text{АБ заг.}} = \frac{1,45 \cdot 10^3 \cdot 3}{24 \cdot 0,95} = 190 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

На ринку України доступний широкий вибір акумуляторних батарей з різною ціною, залежно від їх ємності. На мою думку, оптимальним варіантом буде обрати акумуляторну батарею з ємністю 100 А·год.

Варіанти з більшою ємністю значно дорожчі, навіть з урахуванням того, що їх буде потрібно менше.

Тому, для реалізації резервного живлення розробленої енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення я обрав акумуляторну батарею компанії-виробника KEPWORTH модель LifeP04 ємністю 100 А·год. та напругою 24 В, середня вартість якої становить 10230 грн.

Обрану модель акумуляторної батареї зображено на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – Акумуляторна батарея KERWORTH модель LifeP04

24 В / 100 А·год

Далі визначимо кількість необхідних 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 обраної моделі акумуляторної батареї, А·год.

Отже, отримаємо:

$$n_{AB} = \frac{190}{100} = 1,9 \text{ шт.} \approx 2 \text{ шт.}$$

3.6 Вибір типу та моделі контролера заряду/розряду акумуляторних батарей

Контролер заряду/розряду акумуляторних батарей є необхідною складовою будь-якої стандартної системи резервного живлення. Він виконує функцію посередника між нетрадиційним джерелом електроенергії та акумуляторним батарейним блоком.

					ДП.141.042.019.ПЗ	Аркуш
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед вибором моделі контролера заряду/розряду, варто проаналізувати наявні типи, які продаються на ринку, а також їх можливості. На сьогоднішній день існують такі типи контролерів заряду/розряду:

- з найпростішим алгоритмом ON/OFF;
- ШІМ – з широтно-імпульсною модуляцією;
- MPPT – пристрій, які стежить за точками максимальної потужності;
- гібридний.

Найпростіший пристрій – ON/OFF, вимикає заряд, коли струм максимальний, щоб уникнути перегріву батареї. Однак недоліком контролерів заряду/розряду такого типу є те, що акумулятор ніколи не досягне повного заряду, хоча він є найбільш доступним з точки зору ціни серед інших варіантів.

Контролера заряду/розряду ШІМ знижує струм, коли показник досягає максимуму.

MPPT контролер заряду/розряду є найбільш поширеним використанням. Його принцип дії полягає в перетворенні максимальної напруги на оптимальну. Це дозволяє досягти заряду до 100%. MPPT контролер аналізує показники системи і на їх основі визначає, які параметри обладнання забезпечать найбільшу потужність. Ефективність роботи, порівняно з ШІМ, зростає до 30%.

Гібридні контролери заряду/розряду – використовують для систем резервного живлення у складі яких є, як сонячні фотоперетворювачі, так і вітрогенератор, тому цей тип контролера заряду/розряду ми розглядати не будемо взагалі.

Отже, з урахуванням вищезазначеного, оберемо тип контролера заряду/розряду з найпростішим алгоритмом ON/OFF, оскільки він є найбільш раціональним з точки зору терміну окупності та капіталовкладень в розроблювану систему резервного живлення.

У нашій системі резервного живлення блок акумуляторних батарей складатиметься з двох штук. Кожна батарея матиме напругу 24 В та ємність

					ДП.141.042.019.ПЗ	Аркуш
						70
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

100 А·год. Батареї будуть підключені паралельно, тому загальна напруга також буде 24 В. Тому для вибору контролера заряду/розряду з найпростішим алгоритмом ON/OFF ми будемо оперувати цими даними.

За якістю та ціною, найкращим серед контролерів заряду/розряду обраного типу на ринку України є контролер від компанії-виробника EPEVER модель Tracer-5210LPLI (див. рис. 3.8). Даний тип контролера розрахований на напругу акумуляторних батарей 12/24В та потужність джерела нетрадиційного вироблення електроенергії до 780 Вт, що цілком нас влаштовує, адже повністю задовольняє наші вимоги, оскільки загальна потужність наших сонячних панелей буде рівна значенню 440 Вт (у нас в системі резервного живлення задіяні чотири сонячні панелі номінальною потужністю кожна по 110Вт).



Рисунок 3.8 – Контролер заряду/розряду з алгоритмом ON/OFF Tracer-5210LPLI

3.7 Вибір пристрою автоматичного ввімкнення резерву

Пристрій автоматичного ввімкнення резерву (ABP) – це пристрій, який автоматично перемикає живлення навантаження з декількох незалежних джерел електроживлення, якщо вхідна напруга виходить за допустимі межі. Блок керування ABP аналізує стан поточної мережі живлення та, у разі несправностей, видає відповідні команди комутуючим елементам для перерозподілу живлення.

Блок керування АВР може бути сконструйований з використанням реле (напруги, контролю фаз або часу) або програмованих контролерів. У якості комутаторів в ньому зазвичай використовують магнітні або тиристорні контактори, автоматичні і керовані вимикачі з моторизованими приводами, соленоїдні рубильники і т. д.

Для уникнення одночасного включення резервного та основного живлення пристрої АВР забезпечують електричним та механічним блокуванням контакторів. Електричне взаємне блокування реалізоване на допоміжних реле, які, в свою чергу, підключені до шин живлення комутаторів. Механічне блокування встановлюється на самі контактори та здійснює блокування їх рухомих елементів.

На сьогоднішній день існує значна кількість та різноманіття компаній-виробників пристроїв АВР. Наше завдання полягає вибрати підходящий пристрій, враховуючи проведені розрахунки та обране обладнання для резервного живлення енергозберігаючої системи освітлення офісу. Особливу увагу слід приділити номінальній загальній потужності сонячних панелей, яка складає 440 Вт.

Отже, оберемо для наших цілей пристрій автоматично введення резерву AVR-02-S, який показано на рисунку 3.9, а його технічні характеристики наведено в таблиці 3.3.



Рисунок 3.9 – пристрій автоматично введення резерву AVR-02-S

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.141.042.019.ПЗ

Аркуш

72

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики пристрою автоматично введення резерву AVR-02-S

Фазність мережі	Трьохфазний / однофазний
Максимальна потужність системи резервного живлення (генератора, ВЕУ, ФЕУ), Вт	До 1000 Вт
Максимальний струм системи резервного живлення (генератора, ВЕУ, ФЕУ), А	До 40 А
Номінальна частота мережі	50 Гц
Напруга мережі	220 /380 В
Ступінь захисту	ІР 54
Виробник	Україна

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.141.042.019.ПЗ

Аркуш

4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

4.1 Розрахунок капітальних затрат

В даному дипломному проекті було розроблено енергозберігаючу систему освітлення офісного приміщення з резервним живленням від сонячних панелей.

Отже, в даному розділі нашого дипломного проекту визначимо капітальні та експлуатаційні витрати по впровадженню розробленої системи, а також розрахуємо термін її окупності, що, в свою чергу, дасть змогу провести оцінку економічної ефективності розробленої системи. При чому, важливою є економічна оцінка, безпосередньо, як ціни всього обладнання, так і витрат на обслуговування елементів системи протягом усього терміну її експлуатації (10 років). Самі ж витрати на обслуговування елементів розробленої системи приймаємо у розмірі 1% від ціни устаткування.

В ході кошторисного аналізу, для початку необхідно визначити загальну річну вартість енергозберігаючої систем адаптивного освітлення та її системи резервного живлення – ТАС (Total Annualized Cost) за формулою:

$$TAC = \frac{TLCC}{CPWF}, \quad (4.1)$$

де:

TLCC (Total Life Cycle Cost) – загальна вартість розробленої системи за період її експлуатації;

CPWF (Cumulative Present Worth Factor) – сукупний фактор реальної вартості.

Капітальні вкладення – це кошти, які призначені для створення

					ДП.141.042.019.ПЗ				
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ	Літ.		Арк.	Аркушів
Розробив		Цалко Д.В.				У		74	96
Перевір		Антипчук Б.О.				ЖАТФК, Гр. Е-42			
Н. Контр.		Антипчук Б.О.							
Затв.		Лавріщев О.О.							

і придбання основних фондів та нематеріальних активів, що підлягають амортизації. Такі типи вкладень потрібні для впровадження розробленої системи в даному проекті та є одним з найважливіших показників, що застосовуються для економічної оцінки ефективності всієї системи в цілому.

В таблиці 4.1 наведено всі капітальні витрати для реалізації розробленої енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення з резервним живленням від сонячних панелей.

Таблиця 4.1 – Капітальні витрати проекту

№	Назва технічних матеріалів	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Енергозберігаюча система освітлення офісного приміщення				
LED-світильники				
1	SUNLED 260 Лм	36	250	9000
2	BIT S 650 Лм	24	556	13344
3	NOWODVORSKI 320 Лм	45	330	14850
4	BRILLE 100 Лм	22	200	4400
5	NOWODVORSKI 1000 Лм	12	870	10440
6	AZZARDO 600 Лм	20	700	14000
7	HOROS ELECTRIC 100 Лм	4	210	840
8	HOROS ELECTRIC 150 Лм	4	240	960
9	NOWODVORSKI 750 Лм	15	770	11550
10	NOWODVORSKI 500 Лм	42	480	20160
11	LEZARD PANEL 500 Лм	4	600	2400
Датчики освітленості				
12	VIDEX VL-SN03	7	204	1428
Датчики руху				
13	ІЕК ДД009	6	221	1326
Всього по системі:				92098
Система резервного живлення				
14	Сонячна панель Volt Polska	4	2300	9900
15	Гібридний інвертор AXIOMA ENERGY ISMPPT BF3000	1	13500	13500
16	Акумуляторна батарея KEPCO LifeP04 24 В / 100 А·год	2	8000	16000
17	Контролер заряду / розряду АБ Tracer-5210LPLI	1	2800	2800
18	Пристрій ABR-02-S	1	4500	4500
Всього по системі:				46700
Всього загальна вартість				138798

Далі визначимо вартість монтажних-налагоджувальних робіт за формулою:

$$K_{MH} = \sum (C_i \cdot a \cdot t_i) \cdot K_D \cdot K_{CM} \cdot K_{PP}, \quad (4.2)$$

де:

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

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

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

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

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

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

Вартість монтажно-налагоджувальних робіт будемо визначати відповідно до основних договірних цін і розцінок компанії «Electrolight», яка займається електромонтажними роботами різного призначення. Отже отримаємо, що:

$$K_{MH\text{системи освітлення}} = 3 \cdot 110 \cdot 48 \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 23383 \text{ грн};$$

$$K_{MH\text{резервного живлення}} = 2 \cdot 110 \cdot 24 \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 7795 \text{ грн}.$$

Транспортні витрати визначаються відповідно до тарифів перевізника ТОВ «Car and Bus», маси вантажу і відстані до складів постачальника. Згідно із розрахунками перевізника, Згідно розрахунків перевізника доставка 6 вантажних місць загальною масою до 1,5 т складе 7547 грн.

Отже, визначимо капітальні витрати розробленої системи за формулою:

$$K = K_{OB} + K_{TP} + K_{MH}, \quad (4.3)$$

де:

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

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

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

Будемо мати, що:

$$K_{\text{системи освітлення}} = 92098 + 7547 + 23383 = 123025 \text{ грн.};$$

$$K_{\text{резервного живлення}} = 46700 + 7547 + 7795 = 62042 \text{ грн.}$$

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію й обслуговування об'єкта проектування за певний період, які виражені у грошовій формі. До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічному устаткуванню відносять:

- амортизаційні відрахування (C_a);
- вартість спожитої електроенергії (C_e);
- основна й додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу та відрахування на соціальні заходи (C_3);
- витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування (C_T);
- інші витрати ($C_{\text{ін}}$).

У такий спосіб річні експлуатаційні витрати по розробленій системі нашого проекту становлять:

$$C = C_a + C_e + C_3 + C_T + C_{\text{ін}}. \quad (4.4)$$

Розроблена в даному проекті енергозберігаюча система освітлення офісного приміщення з резервним живленням від сонячних панелей є повністю автономною і не вимагає постійної присутності оператора або обслуговуючого персоналу, тому всі планові роботи з обслуговування будуть проводитися відповідними електротехнічними службами компанії, якій належить офісне приміщення. Таким чином, статті витрат C_3 та C_{in} приймаємо рівними нулю.

Амортизаційні відрахування нараховуються у відповідності до тривалості часу використання розробленої системи, а також очікуваного економічного прибутку, якісних технічних характеристик системи, фізичного зносу і т. д. Термін якісного використання впроваджуваного обладнання нашої системи становить 10 років. Норма амортизації при прямолінійному методі, постійна протягом всього амортизаційного періоду, її можна розрахувати за формулою:

$$H_a = \frac{\Phi_n}{\Phi_n \cdot T_n} \cdot 100\%, \quad (4.5)$$

де:

T_n – час якісного використання розробленої системи (амортизаційний період);

Φ_n – початкова ціна системи, грн.

Отже, будемо матимемо, що для розробленої системи освітлення та її резервного живлення норма амортизації становитиме:

$$H_{a_системи\ освітлення} = \frac{92098}{92098 \cdot 10} \cdot 100\% = 10\%.$$

$$H_{a_резервного\ живлення} = \frac{46700}{46700 \cdot 10} \cdot 100\% = 10\%.$$

					ДП.141.042.019.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Річні амортизаційні відрахування для розробленої енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення та її резервного живлення визначимо за формулою:

$$C_a = \frac{\Phi_n \cdot H_a}{100}, \quad (4.6)$$

де:

Φ_n – початкова ціна системи, грн.;

H_a – норма амортизації, %.

Отримаємо, що:

$$C_{a_системи\ освітлення} = \frac{92098 \cdot 10}{100} = 9209,8 \text{ грн.}$$

$$C_{a_резервного\ живлення} = \frac{46700 \cdot 10}{100} = 4670 \text{ грн.}$$

Тепер визначимо річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт нашої розробленої системи, враховуючи те, що річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним працівникам та складають 1% від величини капітальних витрат:

$$C_T = 0,01 \cdot K, \quad (4.7)$$

де:

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

K – капітальні витрати на розроблену енергозберігаючу систему освітлення офісного приміщення та її резервне живленням від сонячних панелей, грн.

Будемо мати, що:

$$C_{\text{т.системи освітлення}} = 0,01 \cdot 123025 = 1230,3 \text{ грн};$$

$$C_{\text{т.резервного живлення}} = 0,01 \cdot 62042 = 620,42 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати визначаємо за формулою 4.4:

$$C_{\text{системи освітлення}} = 9209,8 + 0 + 0 + 1230,3 = 10440,1 \text{ грн};$$

$$C_{\text{резервного живлення}} = 4670 + 0 + 0 + 620,42 = 5290,42 \text{ грн.}$$

4.3 Розрахунок терміну окупності розробленої систем

Для того, щоб визначити термін окупності розробленої в нашому проекті системи в цілому, правильним буде рішення його окремого розрахунку для, безпосередньо, самої енергозберігаючої системи освітлення та окремо – для її резервного живлення.

Спершу визначимо термін окупності енергозберігаючої системи освітлення. Для цього проведемо порівняння спожитку електричної енергії нашої розробленої системи освітлення із звичайною стандартною системою освітлення на лампах розжарення, яка була встановлена в офісному приміщенні раніше. Тобто визначимо скільки енергії споживала стара система освітлення і скільки ця спожита енергія коштувала і те ж саме порахуємо для нашої розробленої енергозберігаючої системи освітлення.

Порівняльна характеристика обох типів освітлення показана в таблиці 4.2.

					ДП.141.042.019.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Таблиця 4.2 – Порівняльна характеристика типів систем освітлення

Типи системи освітлення	Стандартна система освітлення	Енергозберігаюча система освітлення
Тип освітлювальної лампи	Лампа розжарення	LED-лампа
Кількість світильників	80 шт.	224 шт.
Кількість ламп	215 шт.	291 шт.
Режим роботи (годин на добу)	8 год./доб.	8 год./доб.
Режим роботи (годин на добу) за наявності адаптивного керування	-----	2 – 4 год./доб.
Режим роботи (днів)	365 днів	365 днів
Середня потужність лампи системи освітлення, Вт	75 Вт	5 Вт
Потужність системи освітлення, кВт	16,1	1,45
Тариф на електроенергію грн/кВт·год.	1,68 грн/кВт·год.	1,68 грн/кВт·год.

Для початку визначимо економічний прибуток, який ми отримаємо при заміні стандартної системи освітлення на розроблену в даному проекті. Для цього розрахуємо електричні потужності, які споживають обидві системи за добу:

$$P_{\text{СОдоба}} = P_{\text{СО}} \cdot n_{\text{год}}, \quad (4.8)$$

де:

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

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

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

Матимемо, що:

$$P_{\text{СОдоба_станд. сис.}} = 16,1 \cdot 8 = 128,8 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{СОдоба_енергозберіг. сис.}} = 1,45 \cdot 2 = 2,9 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Тепер визначимо потужність, яку споживають обидві системи за рік:

$$P_{\text{COрік}} = P_{\text{COдоба}} \cdot n_{\text{роб.днів}} , \quad (4.9)$$

де:

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

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

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

Отримаємо:

$$P_{\text{COрік_станд. сис.}} = 128,8 \cdot 365 = 47012 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{COрік_енергозберіг. сис.}} = 2,9 \cdot 365 = 1058,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Далі визначимо суму в грн. за рік, яку необхідно витрати на оплату споживаної електричної енергії обох систем:

$$M_{\text{т.СО}} = E_{\text{о.п.}} \cdot P_{\text{COрік}} , \quad (4.10)$$

де:

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

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

На поточний 2024 р., тарифна ставка за спожиту електроенергії становить 2,64 грн/кВт·год.

Отримаємо, що:

$$M_{\text{т.СО_станд. сис.}} = 2,64 \cdot 47012 = 124111,68 \text{ грн} ;$$

									Аркуш
									82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.141.042.019.ПЗ

$$M_{\text{Т.СО_енергозберіг. сис.}} = 2,64 \cdot 1058,5 = 2794,44 \text{ грн.}$$

Тоді, прибуток при використанні розробленої енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення визначимо за формулою:

$$Y_{\text{енергозберіг. сис.}} = M_{\text{Т.СО стандарт. сис.}} - M_{\text{Т.СО LED-сис. АО}} \quad (4.11)$$

Будемо мати, що:

$$Y_{\text{енергозберіг. сис.}} = 124111,68 - 2794,44 = 121317,24 \text{ грн.}$$

Тепер визначимо термін окупності нашої розробленої енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення за формулою:

$$T_{\text{енергозберіг. сис.}} = K_{\text{системи освітлення}} / Y_{\text{енергозберіг. сис.}} \quad (4.12)$$

де:

$K_{\text{системи освітлення}}$ – капітальні витрати на розроблену систему освітлення , грн.;

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

Отримаємо, що:

$$T_{\text{енергозберіг. сис.}} = 123025 / 121317,24 = 1,01 \text{ роки .}$$

Далі визначимо термін окупності резервного живлення на базі сонячних панелей для нашої розробленої енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення

					ДП.141:042:019:ПЗ	Архив
						83
Зм.	Дрк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Зм.	Дрк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також, слід нагадати, що структура нашого резервного живлення є автономно-мережевою, таким чином, електрична енергія, яка генерується, може продаватися в міську електромережу, а частина електроенергії буде йти на зарядку акумуляторних батарей, які і служать резервом для потреб системи освітлення офісного приміщення під час перерв основного електропостачання.

Згідно з останнім прийнятим Законом України №514-VIII від 04.06.2015 «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії» і постановою НКРЕКП №725 від 25.03.2020 «Про встановлення “зелених тарифів” на електричну енергію для приватних домогосподарств», прийняті наступні ставки «зеленого» тарифу, а саме: на період 1.01.23р. по 31.12.24р. ставка “зеленого тарифу” становить 0,163 євро або 6,81 грн.

Визначимо річне виробництво електроенергії розробленої нами резервної системи за формуло:

$$W_{\text{резервне живлення}} = \gamma \cdot S \cdot \text{ККД}_{\text{СП}} \cdot n_{\text{днів}} \cdot N_{\text{СП}} \quad (4.13)$$

де:

$W_{\text{резервне живлення}}$ – річне виробництво електроенергії розробленої системи резервного живлення, кВт·год;

γ – рівень сонячної інсоляції, кВт·год/м²/день;

S – площа сонячної панелі Volt Polska, м²;

$\text{ККД}_{\text{СП}}$ – коефіцієнт корисної дії сонячної панелі Volt Polska;

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

$N_{\text{СП}}$ – кількість сонячних панелей Volt Polska, шт.

Згідно даних NASA, середньорічний показник інсоляції в м. Житомир рівний 3,12 кВт·год/м²/день.

Стосовно площі обраної марки сонячної панелі, то вона має наступні габаритні розміри: 1,02x0,67x0,03 м. Тобто, її площа становить 0,68 м².

Отже, будемо мати, що:

$$W_{\text{резервне живлення}} = 3,12 \cdot 0,68 \cdot 0,33 \cdot 365 \cdot 4 = 1022,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Тоді, щорічний прибуток від розробленої системи резервного живлення буде складати:

$$Y_{\text{резервне живлення}} = 6,81 \text{ грн} \cdot W_{\text{резервне живлення}}, \quad (4.14)$$

де:

$Y_{\text{резервне живлення}}$ – щорічний прибуток від використання розробленої системи резервного живлення на базі сонячних панелей, грн.

Матимемо:

$$Y_{\text{резервне живлення}} = 6,81 \text{ грн} \cdot 1022,2 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 6961,2 \text{ грн}.$$

Термін окупності системи резервного живлення визначимо за формулою:

$$T_{\text{резервне живлення}} = \frac{K_{\text{резервного живлення}}}{Y_{\text{резервне живлення}}}, \quad (4.15)$$

Отже, отримаємо, що:

$$T_{\text{резервне живлення}} = \frac{62042}{6961,2} = 8,9 \text{ років}.$$

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Протипожежна безпека

Пожежі представляють особливу небезпеку, тому що пов'язані з великими матеріальними втратами. Як відомо пожежа може виникнути при взаємодії горючих речовин, окислення і джерел запалювання. Горючими компонентами є: будівельні матеріали для акустичної і естетичної обробки приміщень, перегородки, двері, підлоги, ізоляція кабелів і інші.

Небезпеку становлять розташовані в безпосередній близькості один від одного з'єднувальні дроти і кабелі. При протіканні по них електричного струму виділяється значна кількість теплоти. При цьому можливо оплавлення ізоляції.

Щоб уникнути виникнення пожежі, необхідна правильна установка і експлуатація обладнання. Таким чином, щоб уникнути загоряння при монтажі інверторів необхідно дотримуватися таких умов:

- пристрій повинен бути встановлено на вогнетривкій поверхні, такій як металева підставка;
- не можна розташовувати легкозаймисті матеріали в безпосередній близькості від інвертора;
- необхідно захистити від попадання всередину корпусу інвертора сторонніх предметів, таких як дужок кріплення проводки, іскор під час зварювання, металевої тирси, пилу.
- необхідно встановлювати інвертор в добре провітрюваній кімнаті, в якій пристрій не буде підпадати під пряме сонячне світло, підвищенню навколишньої температури, підвищеній вологості або

					ДП.141.042.019.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Цалко Д.В.				ОХОРОНА ПРАЦІ			
Перевір	Антипчук Б.О.							
Н. Контр.	Антипчук Б.О.							
Затв.	Лавріщев О.О.							
						Літ.	Арк.	Аркушів
						У	86	96
						ЖАТФК, Гр. Е-42		

- випаданню роси, а також сильному запиленню, дії агресивних, вибухонебезпечних і легкозаймистих газів.

При роботі з акумуляторною батареєю, слід чітко дотримуватися правил протипожежної безпеки, тому що заряджаючись акумулятори виділяють водень (цей газ є вибухонебезпечним):

- поруч з акумулятором забороняється палити цигарки;
- слід захистити акумуляторну батарею від джерел загоряння;
- при приєднанні або від'єднанні клем акумулятора, струм повинен бути вимкнений; приміщення, в якому заряджається акумуляторна батарея, має добре провітрюватися.

5.2 Охорони праці під час виконання електромонтажних робіт

Травматизм під час виконання електромонтажних робіт – явище поширене. Ні великий стаж роботи, ні висока кваліфікація фахівців не гарантують стовідсоткового уникнення травм. Навпаки, статистика свідчить, що в 65% нещасних випадків, що відбуваються під час монтажу, налагодження електрообладнання, страждають саме висококваліфіковані фахівці.

На даний час ураження електричним струмом зі смертельним наслідком становить до 3% від загального числа нещасних випадків. Широке використання електричної енергії в усіх галузях промисловості і побуті обумовлює значну небезпеку ураження людини електричним струмом. Аналіз показує, що кількість електротравм в промисловості становить 0,5-1%, проте, дуже високий відсоток летального результату – 15-20%, при чому, до 80-85% електротравм зі смертельними наслідками відбувається в мережах з напругою до 1000 В. До найбільш травмонебезпечних галузей відноситься: легка промисловість, де травматизм становить 17% від числа смертельних нещасних випадків, електротехнічна промисловість – 14%, хімічна – 13%, будівництво, сільське господарство – по 40%, побут – приблизно 40%.

До основних видів можливих травм під час електромонтажних робіт належать:

- удари, пошкодження тканин обертовими деталями приладів;
- електричні опіки в результаті прямого або дугового контакту тіла з джерелом струму;
- травми слизової оболонки очей від попадання пилу і дрібної стружки під час свердління;
- проблеми з легеннями при попаданні в них пилу від деяких композитних матеріалів (МДФ, склопластики і т.д.).

Уникнути перерахованого можна тільки завдяки неухильному дотриманню правил охорони праці. Нижче наведені основні правила, при дотриманні яких монтаж, заміна, наладка електроприладів будь-якої складності пройде без неприємних ексцесів.

В першу чергу звернемо увагу на вимоги до робочого одягу:

- одяг не повинен бути занадто вільним, щоб не торкатися частин механізмів, що рухаються;
- обов'язково використання захисних окулярів з небитким склом і рукавиць;
- при необхідності використання респіраторів і засобів захисту органів слуху;
- при роботі без зняття напруги в електроустановках напругою до 1000 В або поблизу них необхідні діелектричні калоші.

При виконанні пусконаладжувальних та монтажних робіт будь-якої складності дозволено застосовувати тільки справний інструмент. Ручний інструмент не повинен мати відколів, тріщин, вибоїн, задирок і щербин в місці захоплення рукою і на потиличній частині ручок. Рукоятки кувалд і молотків мають бути заклинені клинами.

Роботи під напругою до 1000 В дозволено проводити інструментом з ізольованими рукоятками, виконаними у вигляді чохлів або незнімного покриття з волого та масло-бензостійкого електроізоляційного матеріалу.

					ДП.141.042.019.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Довжина ізоляції рукояток повинна бути не менше 100 мм, а ізоляція викруток закінчуватися на відстані не більше 10 мм від кінця леза.

Перед початком роботи з електроінструментом необхідно упевнитись в тому, що:

- гвинти, які кріплять його деталі, добре затягнуті;
- редуктор справний (вимкніть електродвигун і поверніть рукою шпіндель інструменту);
- ізоляція електроінструменту не має пошкоджень і зламів;
- заземлення та вимикачі справні (інструменту з подвійною ізоляцією заземлення не потрібне).

Пробивати борозни і отвори в стінах, перекриттях з прихованою електропроводкою, виконувати інші роботи, з імовірним пошкодженням ізоляційного покриття кабелів, можна тільки після відключення їх від джерел живлення.

Використовувати несправний електроінструмент заборонено.

Якщо в роботі використовується паяльник, стежте, щоб в робочому стані він постійно знаходився в зоні дії витяжки. Струшувати припій під час паяння не можна, його надлишки знімаються на спеціальній підставці. При коротких перервах в роботі електропаяльник кладуть на підставку з металевими скобами. У приміщенні, де проходить пайка, не можна приймати їжу.

При виконанні монтажних робіт використовуються паяльники, які підключено до напруги не вище 42 В. Допускається використання електричних паяльників на 220 В, якщо підключення їх до напруги походить від розділового трансформатора або через прилад захисного відключення.

При випробуванні вже встановленого обладнання приймають такі запобіжні заходи:

- пробне включення виконують за умов відсутності людей біля струмоведучих частин установки;

- пробне включення проводять тільки після ретельної перевірки відповідності схеми монтажу проектної документації та надійності контактних з'єднань в усіх елементах схеми.

5.3 Перша допомога при ураженні електричним струмом

Правильне поводження з електроенергією є необхідним, оскільки порушення правил електробезпеки може призвести до серйозних травм або навіть смерті. Дослідження показали, що електричний струм, що проходить через тіло людини при напрузі 42 В, є безпечним. Однак, напруга вище 50 В може викликати тепловий і електролітичний ефекти. Найчастіше травми від ураження електричним струмом виникають через невиконання правил безпеки при роботі з електричними приладами як у побуті, так і на виробництві.

Заходи першої допомоги залежать від стану потерпілого після визволення його від електричного струму. Для визначення стану необхідно вжити таких заходів:

- покласти потерпілого спиною на тверду поверхню;
- перевірити наявність у потерпілого дихання;
- перевірити наявність у потерпілого пульсу на сонній артерії;
- з'ясувати стан зіниці, широка зіниця вказує на погіршення кровопостачання.

У всіх випадках ураження електричним струмом – виклик лікаря є обов'язковим незалежно від стану потерпілого.

Якщо потерпілий знаходиться при свідомості, його треба покласти у зручне положення і до прибуття лікаря забезпечити спокій, обов'язково спостерігаючи за диханням і пульсом. Не можна дозволяти потерпілому рухатись, продовжувати роботу. Якщо лікаря швидко викликати не можна, необхідно терміново доставити потерпілого у медичний пункт.

					ДП.141.042.019.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

Якщо потерпілий знаходиться у непритомному стані, його необхідно покласти, розстебнути одяг, забезпечити приплив свіжого повітря, дати понюхати нашатирний спирт, бризнути на нього водою і забезпечити спокій. У той же час потрібно викликати лікаря. Якщо потерпілий дихає погано, рідко і судомно, йому необхідно робити штучне дихання і непрямий масаж серця.

У разі відсутності в потерпілого ознак життя не можна вважати його померлим. Якщо в такому стані потерпілому не буде надано негайну першу допомогу у вигляді штучного дихання і зовнішнього масажу серця, то настане смерть. Оживлення організму, ураженого електричним струмом, може бути проведено кількома способами. Всі вони базуються на штучному диханні. Починати штучне дихання слід негайно після вивільнення потерпілого від електричного струму і проводити безперервно до досягнення позитивного результату. Штучне дихання необхідно робити безперервно, до прибуття лікаря.

Переносити потерпілого до іншого місця треба тільки в тих випадках, коли йому, чи особі, яка надає допомогу, продовжує загрожувати небезпека.

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті було розроблено енергозберігаючу систему освітлення офісного приміщення з резервним живленням від сонячних панелей. В ході виконання дипломного проекту було проведено детальний аналіз існуючих можливих технічних рішень під час якого здійснювалась перевірка ефективності використання різнотипних джерел світла та обрано оптимальний варіант у вигляді LED-ламп, оскільки вони характеризуються та вигідно відрізняються від інших типів кращими енергетичними та світлотехнічними показниками.

У дипломному проекті був проведений світлотехнічний розрахунок енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення. Була визначена необхідна кількість LED-світильників, їх типи та моделі для кожної кімнати. Також була розрахована кількість, обрані типи та моделі датчиків руху та освітленості. Розроблена система резервного живлення на базі сонячних панелей для енергозберігаючої системи освітлення офісу.

З точки зору розрахованої економічної ефективності, то розроблена енергозберігаюча система освітлення окупиться за 1,01 роки, а от її резервне живлення має значно більший термі – 8,9 років, що пояснюється дуже високими цінами на обладнання необхідне для його реалізації: сонячні панелі, інвертор, акумуляторні батареї і.т.д., які прив'язані до курсу міжнародних валют (долари, євро) та мають досить високу вартість у гривневому еквіваленті через нестабільну економічну ситуацію в Україні.

					ДП.141.042.019.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ		
Розробив	Цалко Д.В.						
Перевір	Антипчук Б.О.						
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						
Затв.	Лавріщев О.О.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					У	92	96
					ЖАТФК, Гр. Е-42		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

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

					ДП.141.042.019.ПЗ				
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Цалко Д.В.				СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ				
Перевір	Антипчук Б.О.								
Н. Контр.	Антипчук Б.О.								
Затв.	Лавріщев О.О.								
					Літ.	Арк.	Аркуші		
					У		93	96	
					ЖАТФК, Гр. Е-42				

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

Познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	<i>Напівпровідникові діоди</i>		
VD1, VD5	1N4004	2	
VD2	світлодіод «LED»	1	зелений
VD3, VD6	1N4004	2	
VD4	світлодіод «LED»	1	червоний
VD12	світлодіод «LED»	1	синій
VD7...10	FR107	4	
VD11	TL431	1	
	<i>Інтегральні мікросхеми та операційні підсилювачі</i>		
DA1	TL084	1	
DA2	78L08	1	
DA3	IR2153	1	
DA4	PC817	1	
	<i>Транзистори</i>		
VT1	BD139	1	біполярний
VT2, VT3	IRF3205	2	польовий
	<i>Конденсатори</i>		
C1,C5	100 мкФ	2	
C2	10 мкФ	1	
C3	0,1 мкФ	1	
C4	1 мкФ	1	
C6	6,8 нФ	1	
C7	47 мкФ	1	
C8	10 нФ	1	
	<i>Резистори</i>		
R1, R7	10 кОм	2	
R2, R8, R14	1 кОм	3	
R3	12 кОм	1	

					ДП.141.042.019.ПЗ					
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата						
Розробив	Цалко Д.В.				Перелік елементів. Схема електрична принципова. Резервне живлення енергозберігаючої системи освітлення офісного приміщення. (ДОДАТОК А)		Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір	Антипчук Б.О.						У	95	96	
Н. Контр.	Антипчук Б.О.						ЖАТФК, Гр. Е-42			
Зав.	Лавріщев О.О.									

Познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
R4, R12	4,7 кОм	2	
R5, R6, R17	10 кОм	3	потенціометр
R8	4,7 кОм	1	
R9	3,3 кОм	1	
R10	8,2 кОм	1	
R11	100 кОм	1	
R13, R15	2,2 кОм	2	
R16, R18, R21, R23	1 кОм	4	
R19, R20	4 Ом	2	
R22	200 Ом	1	
R24, R26	1 МОм	2	
R25	11 кОм	1	
	Трансформатори		
TV1	12 / 220 В	1	підвищувальний
	Реле		
KV1	MER-2	1	
KV2	РНПП-311М	1	
	Перемикачі		
SA1	Hager I-II	1	
	Автоматичні вимикачі		
QF1	HL-C25/3	1	25 А
SF1...SF4	ВА-21	4	16А
	Магнітні пускачі		
KM1, KM2	ПМ-1-12-10	2	
	Сигнальні лампи		
HL1	AD 22DC / LED	1	Колір: зелений
HL2	AD 22DC / LED	1	Колір: синій
			Аркуш
ДП.141.042.019.ПЗ			96
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис
		Дата	

