

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній (освітньо-кваліфікаційний) рівень)

на тему: Підвищення надійності функціонування електричних
освітлювальних мереж з напівпровідниковими світловими приладами

Виконав: студент VI курсу, групи ЕЕМ-61

напряму підготовки (спеціальності) 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Саханевич Б.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Осадца Я.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Вакуленко О.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Козак К.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

Кафедра Електричної інженерії

Освітній рівень магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри д.т.н., проф. М.Г. Тарасенко

«02» вересня 2019 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Саханевичу Борису Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Підвищення надійності функціонування електричних освітлювальних мереж з напівпровідниковими світловими приладами

Керівник проекту (роботи) Осадца Ярослав Михайлович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «23» серпня 2019 року № 4/7-731

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 20 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Аналітична частина

2. Науково-дослідна частина

3. Технологічна частина

4. Проектно-конструкторська частина

5. Спеціальна частина

6. Обґрунтування економічної ефективності

7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

8. Екологія

Загальні висновки до дипломної роботи

Перелік посилань

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. _____ 1л. ф – А1

2. _____ 1л. ф – А1

3. _____ 1л. ф – А1

4. _____ 1л. ф – А1

5. _____ 1л. ф – А1

6. _____ 1л. ф – А1

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Обґрунтування економічної ефективності	Мельник Л. М. д.е.н., доцент		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
	Стручок В. С. ст. викл.		
Екологія	Зварич Н. М. к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання **02 вересня 2019 року**

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	15.09.2019	
2	Аналітична частина	25.09.2019	
3	Науково-дослідна частина	10.10.2019	
4	Технологічна частина	01.11.2019	
5	Проектно-конструкторська частина	20.11.2019	
6	Спеціальна частина	01.12.2019	
7	Обґрунтування економічної ефективності	10.12.2019	
8	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	10.12.2019	
9	Екологія	10.12.2019	
10	Висновки	15.12.2019	
11	Оформлення пояснювальної записки	20.12.2019	
12	Оформлення графічної частини	20.12.2019	

Студент _____
(підпис)

Саханевич Б.А. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

Осадца Я.М. _____
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна магістерська робота Саханевича Бориса Андрійовича «Підвищення надійності функціонування електричних освітлювальних мереж з напівпровідниковими світловими приладами» містить 132 аркуші, 53 рисунків, 26 таблиць, 43 посилання на першоджерела, 5 додатків.

Мета роботи: підвищення надійності функціонування систем освітлення з світлодіодними світловими приладами шляхом дослідження доцільності та ефективності регулювання світлового розподілу та пускового струму через LED-прилад, зміни способу та бази керування запуском систем освітлювальних установок.

Основні результати: запропоновано методи вирішення актуальних проблем експлуатації світлодіодних світлових приладів; здійснено розрахунок електричних навантажень комплексу обладнання та освітлювальної установки об'єкта; вибрано методи підвищення надійності функціонування систем освітлення з світлодіодними світловими приладами на основі дослідження комплексної системи керування ОУ.

Ключові слова: СВІТЛОДІОД, ДЖЕРЕЛО СВІТЛА, LED-ПРИЛАД, СВІТЛОДІОДНИЙ ДРАЙВЕР, ОСВІТЛЕНІСТЬ.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ЗМІСТ.....	4
ВСТУП.....	6
I. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	
1.1 Загальні відомості про напівпровідникові світлові прилади	
1.1.1 Принцип роботи, технологія виробництва та переваги світлодіодних світлових приладів. Основні параметри LED-ламп.....	9
1.1.2 Типи світлодіодів. Ступені захисту світлових приладів.....	16
1.1.3 Блоки живлення світлодіодних світильників	20
1.2 Актуальні проблеми використання напівпровідникових СП в промислових освітлювальних установках. Шляхи їх вирішення	22
1.3.1 Застосування NTC-термісторів обмеження струму.....	28
1.3.2 Застосування автоматичних вимикачів	29
1.3.3 Перетворювальні плати	34
1.3.4 Світлодіодні драйвери керування. Протокол DALI. Драйвери плавного включення.	38
II. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	
2.1 Дослідження та вибір системи керування ОУ.	47
III. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	
3.1 Аналіз об'єктів. Особливості роботи цехів.	61
IV. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	
4.1 Визначення розрахункових навантажень	66
4.2 Розрахунок потужності розподільчих пунктів.....	69
4.3 Розрахунок потужності окремих електроприймачів, які не входять в РП	71
4.4 Визначення центру електричних навантажень	74
4.5 Вибір світлових приладів	78
4.6 Нормоване освітлення.	84

4.7 Вибір системи освітлення. Розрахунок кількості світильників в середовищі програми RELUX.....	85
4.8 Аварійне освітлення.....	89
V. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	
5.1 Аналіз переваг та ефективності програми світлотехнічного розрахунку та 3D-моделювання RELUX	94
5.2 Аналіз переваг та ефективності програми моделювання КОМПАС-3D	98
VI. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	
6.1 Фізичний і моральний знос. Амортизація, модернізація і ремонт основних фондів.	101
6.2 Оцінка економічної ефективності переходу з ЛР на LED-джерела світла. Розрахунок затрат на реалізацію проекту.....	105
VII. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
7.1 Вплив умов освітленості на організм людини	109
7.2 Електрозахисні засоби та запобіжні пристосування	111
7.3 Протипожежні вимоги до улаштування та експлуатації електроустановок	112
7.4 Планування заходів цивільного захисту на підприємствах електротехнічної та світлотехнічної галузі у випадку надзвичайних ситуацій	115
7.5 Захист персоналу об'єктів енергетики від впливу іонізуючого випромінювання	118
VIII. ЕКОЛОГІЯ	
8.1 Сучасні тенденції електроспоживання	121
8.2 Аналіз сучасних джерел світла та ступеня їх екологічності	123
ВИСНОВКИ	127
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	128
ДОДАТКИ	132

ВСТУП

Актуальність теми. Використання сучасних енергоефективних технологій в системах внутрішнього та зовнішнього освітлення є одним з ключових способів зниження енергоспоживання у виробництві та забезпечення ефективних показників освітлення та світлового обладнання.

Встановлення правильного та ефективного світлового середовища чинить вагомий вплив на покращення умов роботи чи побуту, зниження зорового навантаження та забезпечення необхідної гостроти зору, кольоропередачі та ясності бачення. При цьому вибрана система освітлення, джерела світла та системи керування повинні бути енергоефективними та враховувати економічний фактор.

Використання світлових приладів на основі напівпровідникових (LED) джерел світла є ефективним способом вирішення питань раціонального використання електроенергії в освітлювальних системах та забезпечення необхідного світлового середовища. Такі освітлювальні установки характеризуються високою світловою віддачею, проте у грошовому співвідношенні, ціна джерела світла є найбільшою складовою.

LED-джерела мають суттєву перевагу над застарілими джерелами світла, зокрема в плані своєї довговічності та світлотехнічних характеристик. Однак, при неправильному ввімкненні в мережу LED-джерело навіть малої потужності може пошкодити контакт, розрахований на значно більшу потужність. Це зумовлено величиною імпульсу пікового пускового струму через світлодіод. Маючи ємнісну характеристику, світлодіоди генерують пусковий імпульс тривалістю в мікросекунди, який за величиною перевищує номінальний в сотні разів.

Дослідження методів керування освітлювальними установками з світлодіодними світловими приладами для підвищення надійності їх функціонування є актуальним завданням.

Мета і завдання дослідження. Метою цієї дипломної роботи є підвищення надійності функціонування систем освітлення з світлодіодними світловими приладами шляхом дослідження доцільності та ефективності регулювання світлового розподілу та пускового струму через LED-прилад, зміни способу та бази керування запуском систем освітлювальних установок.

Для дослідження та вирішення даного завдання необхідно:

- проаналізувати методи вирішення актуальних проблем експлуатації напівпровідникових світлових приладів;
- визначити доцільне технічне рішення щодо обмеження величини пускового струму на світлодіодних світлових приладах;
- провести розрахунки та моделювання економічної доцільності встановлення запропонованих світлових приладів та використання відповідних способів керування;
- шляхом порівняння отриманих результатів, на основі матеріалів та досліджень, визначити найефективніший із запропонованих методів вирішення поставленого завдання;
- здійснити проектування комплексу освітлювальної установки та обґрунтувати вибір системи освітлення та світлових приладів;
- розробити схему електропостачання та визначити розрахункові навантаження об'єкта;

Об'єкт дослідження - світлотехнічні та електричні параметри світлодіодних світлових приладів; режими роботи та пуску світлодіодних світлових приладів.

Предмет дослідження – дослідження методів регулювання та підвищення надійності функціонування освітлювальних систем з LED-приладами.

Наукова новизна отриманих результатів. Отримано подальший розвиток дослідження рішень актуальних проблем застосування LED-приладів та методів підвищення надійності функціонування освітлювальних установок з напівпровідниковими світловими приладами.

Практична цінність дослідження:

Запропоновано технічні рішення актуальних проблем експлуатації LED-приладів, які дозволяють раціонально оцінювати та використовувати запропоновані підходи для модернізації освітлення виробничих приміщень, що дозволяє суттєво знизити вартість освітлювальних установок, збільшити термін служби світлових приладів та забезпечити енергоефективне освітлення приміщень з можливістю економії значної частини споживаної потужності.

Апробація:

Результати досліджень за темою дипломної роботи були використані для доповіді на IV Міжнародній науково-технічній конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування та і комп'ютерних технологій». Опубліковано тези доповіді:

Я.М.Осадца, Б.А.Саханевич, С.Ю.Поталіцин. Стабілізація величини пускового струму напівпровідникових світлових приладів. Постановка проблеми // Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій», 20-21 червня, 2019р., м.Тернопіль. – С.335.

Структура роботи. Робота складається з вступу, 8 розділів, висновків та переліку посилань (43 найменування).

Загальний обсяг текстової частини – 132 сторінки, 26 таблиць, 53 рисунки, 5 додатків.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості про напівпровідникові світлові прилади

1.1.1 Принцип роботи, технологія виробництва та переваги світлодіодних світлових приладів. Основні параметри LED-ламп

На сьогоднішній день, перспективним напрямом розвитку технології штучного освітлення є застосування світлодіодів в якості джерел світла. Ще на початку 60-их років минулого століття з'явилися перші зразки, які генерували випромінювання видимого спектру. Вони давали тьмяно-червоне світіння та застосовувались в індикаторних приладах. Перший, достатньо яскравий, світлодіод був представлений в 1976 р. По мірі розвитку індустрії та технічного прогресу, вартість виготовлення суттєво знизилась, що дало змогу застосування нової технології для штучного освітлення, створивши на основі неї світлодіодний прожектор (англ. – LED-spotlight).

Світлодіод (СД, LED англ. - Light-emitting diode) - напівпровідниковий прилад з електронно-дірковим переходом або контактом метал-напівпровідник, що створює оптичне випромінювання при пропущенні через нього електричного струму. При пропущенні електричного струму через р-п перехід в прямому напрямку, носії заряду рекомбінують з випромінюванням фотонів (через перехід електронів з одного енергетичного рівня на інший). Випромінюване світло лежить у вузькому діапазоні спектра, а його спектральні характеристики залежать у тому числі від хімічного складу використаних в ньому напівпровідників.

Світлодіодна лампа - освітлювальний прилад, який встановлюється в існуючий світильник, спочатку призначений для установки стандартних ламп (люмінесцентних, розжарювання, галогенних), можливо з деякою доробкою. В даний час випускаються світлодіодні лампи практично під всі існуючі типи цоколів.

Головним елементом світлодіода є кристал, що перетворює електричну енергію в світло.

Створення кристала відбувається на сапфірових пластинах. У спеціальному реакторі на пластину проводиться напилення газів азоту, германію та індію. Вони взаємодіють утворюючи кристалічний шар. Після цього на пластину з створеними кристалами наноситься захисний шар і електричні контакти, поступово формуючи світлодіодний чіп. На наступному етапі чіп поміщається в корпус і з'єднується із зовнішніми контактами, а далі заливається епоксидним гелем або силіконом. Після даних процесів виходить світлодіод, який вже здатний випромінювати світло, але лише у вузькому спектрі та синього кольору. На останньому етапі на світлодіодні чіпи наноситься гелева суміш, що містить люмінофор, яка дозволяє перетворити синє випромінювання в біле з певним відтінком.

Світлодіодні світлові прилади, які на даний час технічного прогресу стали невід'ємною частиною тенденцій проектування штучного освітлення, мають ряд переваг, а саме:

- тривалий термін експлуатації (понад 80 тис. годин);
- високий ККД – до 80%;
- висока енергоефективність та економічність;
- мала споживана потужність;
- широкий діапазон напруги живлення, нечутливість до перепадів напруги;
- конструктивне виконання у всіх стандартних цоколях (E14, E27, E40 та ін.);
- насиченість передачі кольору без використання світлофільтрів, високий індекс кольоропередачі;
- миттєве включення, без часу на розігрів;
- можливість здійснення регулювання яскравості в широкому діапазоні;
- твердий корпус, стійкість до механічних ушкоджень і вібрацій;

- не містять токсичних речовин та домішок;
- відсутність проблеми утилізації відпрацьованого продукту та комплектуючих;
- відсутність побічних ультрафіолетових та інфрачервоних випромінювань і мерехтінь.

Для експлуатації в освітленні, світлодіоди об'єднують в систему, що складається також з оптики, LED – драйверів, блоків живлення та тепловідводів.

Світлодіодні системи широко застосовуються в ландшафтному, промисловому, побутовому та вуличному освітленні. Світлодіоди не містять небезпечних для здоров'я людини компонентів, тому їх виготовлення, експлуатація та утилізація є фактично повністю безпечними для довкілля. Екологічною проблемою залишається лише аспект при виготовленні світлодіодних приладів – енергоємний процес видобутку алюмінію для тепловідвідних комплектуючих ламп.

Сучасні виробники пропонують широкий асортимент сучасних світлодіодних ламп, які можуть генерувати тепло-біле, імітацію денного білого, холодного білого світла та багато інших варіантів, що дозволяє застосовувати такі лампи для створення різних дизайнерських ідей та рішень.

При виборі в побуті світлодіодних ламп для створення правильного штучного освітлення слід керуватись такими критеріями як тип цоколя (див.Рис.1.1), форм-фактор (див.Рис.1.2), напруга живлення, потужність, колірна температура та світловий потік. Вибір бренду виробника залишається суб'єктивним питанням, сформованим на основі досвіду споживача та виробника в цій сфері і рівня довіри та рейтингу бренду виробника на ринку.

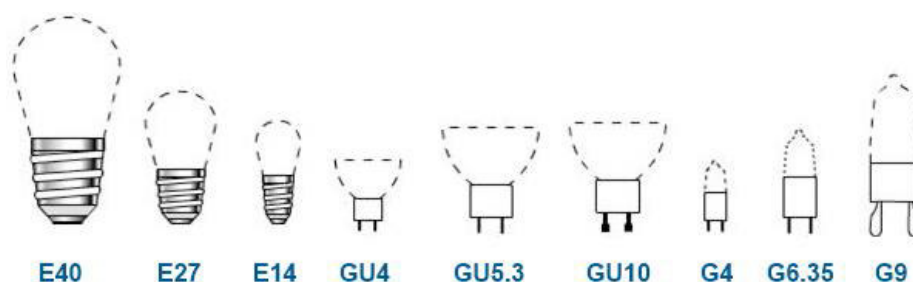


Рисунок 1.1 – Типи цоколів з маркуванням

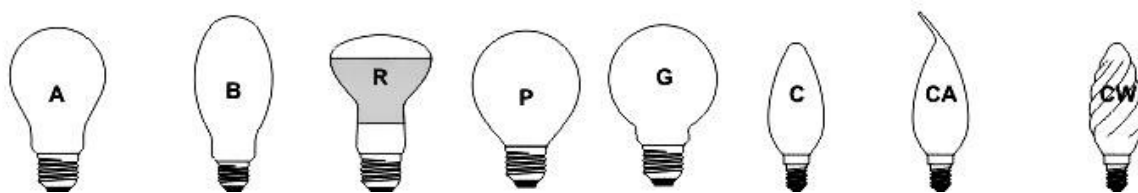


Рисунок 1.2 – Форм-фактор колб світлодіодних ламп

Обираючи тип приладу, слід керуватись конкретною метою, для якої проектується освітлення. Освітлення промислових об'єктів вимагає визначеного нормами достатнього рівня освітленості, відповідного рівня яскравості джерела світла та світлового потоку який генеруватиме світловий прилад.

Робоче освітлення призначене для створення у всіх точках робочих поверхонь нормальних умов бачення при виконанні робіт. При цьому освітленість у всіх точках повинна бути не нижче нормованої, а пульсація світлового потоку не повинна перевищувати її допустимого значення.

Чергове освітлення призначене для створення певних умов бачення при періодичному контролі устаткування, а також у проходах, коридорах, при входах у приміщення і т.д. Відповідно до рекомендацій воно повинно становити 10...20 % нормованої робочої освітленості, але не менше 0,5 лк у головних проходах і 2 лк у тамбурах і на вхідних площадках.

Аварійне освітлення застосовують для забезпечення нормального режиму роботи при раптовому відключенні робочого освітлення. Аварійне освітлення прокладають у тих випадках, коли раптове відключення робочого освітлення може призвести до тривалого порушення технологічного процесу, пожежі, отруєнню людей або їхнього травматизму.

Евакуаційне аварійне освітлення монтують у виробничих приміщеннях із числом одночасно працюючих 50 і більше людей, у суспільних приміщеннях, де перебувають одночасно понад 100 чоловік, на сходових клітках

багатоповерхових житлових будинків. Евакуаційне освітлення при цьому повинно створювати необхідні умови бачення не тільки в самих приміщеннях, але і у всіх небезпечних і основних проходах, на сходах.

Освітленість на підлозі (на землі) проходів і на сходах повинна бути не менше 0,5 лк у приміщеннях і 0,2 лк на відкритих територіях .

Живлення аварійного освітлення здійснюється від автономного джерела або від мережі, що не залежить від робочого освітлення. На світильниках встановлюють спеціальні знаки або написи. [26]

Світловий потік світлодіодних світлових приладів безпосередньо залежить від потужності (див.Табл.1.1). Параметр є ключовим для гігієни зору та впливає на працездатність персоналу в приміщеннях з штучним освітленням.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика залежності світлового потоку і потужності енергоспоживання ламп розжарювання, люмінесцентних та світлодіодних ламп

ЛАМПА РОЗЖАРЮВАННЯ	ЛЮМІНЕСЦЕНТНА	СВІТЛОДІОДНА	СВІТЛОВИЙ ПОТІК
20 Вт	5-7 Вт	2-3 Вт	250 Лм
40 Вт	10-13 Вт	4-5 Вт	400 Лм
60 Вт	15-16 Вт	6-10 Вт	700 Лм
75 Вт	18-20 Вт	10-12 Вт	900 Лм
100 Вт	25-30 Вт	12-15 Вт	1200 Лм
150 Вт	40-50 Вт	18-20 Вт	1800 Лм
200 Вт	60-80 Вт	25-30 Вт	2500 Лм

Залежність колірної температури джерела випромінювання до кольору світіння визначається абсолютно протилежно звичному сприйняттю, наприклад, температур навколишнього середовища. Чим вища колірна температура – тим холодніше світло, яке генерує джерело. Чим нижча колірна температура – тим світіння стає жовтішим та теплим. Вимірюється у Кельвінах (К) (див.Рис.1.3).

Діапазон колірних температур теплого світла коливається в межах 2000 - 3500 К. Генероване світло вважається житловим стандартом, створюючи тьмяно-жовтний ефект без лишнього зорового навантаження. Для освітлення

виробничих приміщень та офісів встановлення джерел світла з таким діапазоном є недоречним, адже це знижує продуктивність процесу та концентрацію.

Діапазон переважно холодного світла – 3500 – 4500 К, генеруючи умови наближені до оптимальних умов сприйняття нейтрального світла, сприяють максимальній продуктивності. Дуже сильний акцент на холодному світлі робити теж не варто, адже при переході межі комфортного сприйняття очі перевтомлюються.

Високі кольорові температури часто називають температурами повного спектру або «денним світлом» (5000 – понад 6500 К). Сфера застосування такого освітлення – промислові об'єкти, верстатні комплекси з обслуговуванням персоналом з підвищеною концентрацією, лабораторії, діагностичні приміщення.

Інтенсивність свічення в спектрі випромінювання за довжинами хвиль розглядається на прикладі продукції та досліджень Maxus Inter Co (див.Рис.1.4).



Рисунок 1.3 – Колірна температура LED-ламп

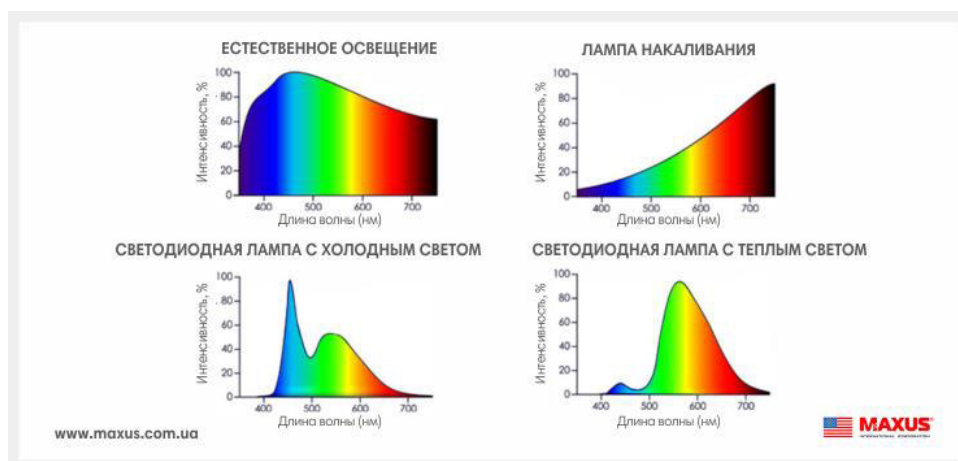


Рисунок 1.4 – Розподіл інтенсивності свічення по довжинах хвиль в спектрі випромінювання (дані Maxus International Corporation)

При виборі правильного та комфортного для сприйняття освітлення слід брати до уваги не лише відповідний показник кольорової температури, але й показник яскравості джерела.

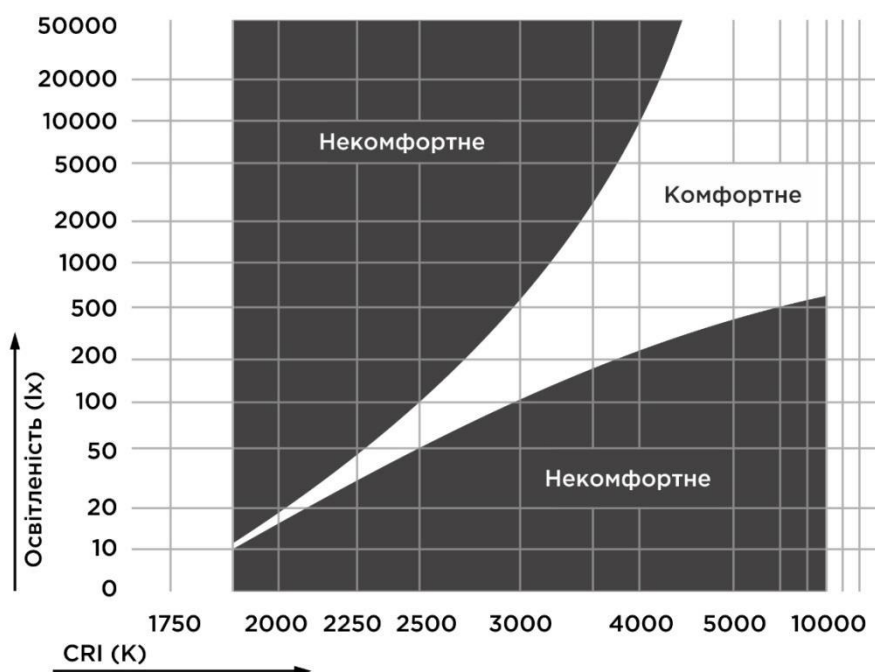


Рисунок 1.5 – Графік залежності сприйняття світла від його кольорової температури та рівня освітленості

За графіком (див.Рис.1.5) можемо спостерігати, що комфортним показником сприйняття є область в середньому діапазоні.

В свою чергу поширення світлодіодних світлових приладів в системах освітлення обмежене недоліками, характерними для усіх світлодіодів, одним з яких є висока вартість. Іншими недоліками є:

- необхідність використання додаткового устаткування. Маючи низьку напругу живлення, світлодіодам в схемі потрібен додатково перетворювач напруги;

- використання згладжувального конденсатора для усунення пульсацій світлового потоку, що виникає при живленні від промислової електромережі;

- використання системи охолодження для потужних світлодіодів. Розміри світлодіодів замалі, щоб забезпечувати достатню площу для розсіювання генерованого тепла, тому застосовуються зовнішні радіатори охолодження, що призводить до здорожчання конструкції і збільшення її габаритів.

1.1.2 Типи світлодіодів. Ступені захисту світлових приладів

Залежно від технології складання, призначення, конструкції та способу монтажу, застосовуються основні типи світлодіодів:

- DIP – індикаторні, найперші та масові світлодіоди, які на сучасному етапі у порівнянні з високотехнологічними джерелами світла знайшли базове застосування лише в світлових табло та світлових прикрасах простої конструкції схем;

- SLED – (SpiderLED, SuperfluxLED) індикаторні, з ускладненням конструкції на 4-ох виводах контактів замість 2-ох (див.Рис.1.6). Це покращує тепловідвід та забезпечує надійність монтажу. Використовуються мало через габаритність;



Рисунок 1.6 – Загальний вигляд DIP та SLED

- SMD – (surface mounted device – прилад що монтується на поверхню) світлодіоди з технологією монтажу на поверхні плати, що дає змогу варіативності виконання та кращі показники тепловідводу при зменшенні габариту. Найпоширеніші з них: SMD5050, SMD3528, SMD2835 (див.Рис.1.7), SMD5630, SMD5730 і SMD7020. Застосовуються в лампах, світлодіодних стрічках та світлодіодних прожекторах. Зокрема виробництво прожекторів на базі SMD5730 та SMD7020 є енергетично виправданим, так як кристали володіють широким кутом випромінювання та широконаправленим світловим потоком.



Рисунок 1.7 – Загальний вигляд SMD LED (SMD2835)

SMD3528 – 3.5x2.8 – найпоширеніший чіп. В ньому встановлений один світлодіодний кристал. При щільному розміщенні SMD3528 можна компенсувати різницю світлового потоку, яскравість та збалансованість світла в порівнянні з потужнішими 3-ох кристальними SMD5050.

COB – (Chip On Board – чіп на платі) технологія впаювання чіпа кристалу безпосередньо в плату, забезпечуючи найвищу надійність та захист від окислення контактів. Вартість виробництва COB є нижчою ніж вартість SMD. У зв'язку з численними факторами обмежень та недоліків, не завжди є можливим застосування COB, відтак технологія не може повністю витіснити SMD. Однак COB дозволяє створювати надпотужні точкові джерела світла, які фактично є масивом кристалів на одній платі. Плата для монтажу кристалів складається з сплаву міді та матеріалів з високим показником теплопровідності, що в свою чергу, дозволяє отримати низький тепловий опір в межах від 2 до 0.5 К/Вт. (див.Рис.1.8)



Рисунок 1.8 – Загальний вигляд COB LED

Для світлодіодів типу RGB (див.Рис.1.9), які масово застосовуються в прожекторах, для кожного з трьох кольорів (червоний, зелений, синій) виконується окремий катод та загальний анод. Вивід аноду виконується найдовшим, а послідовність розташування катодів зазвичай має наступний порядок: В-синій, G-зелений, R-червоний.



Рисунок 1.9 – Загальний вигляд потужного, ультрафіолетового RGB LED

До освітлювальних систем об'єктів з середовищем підвищеної вологості та пилу ставляться особливі вимоги. Світильники повинні мати високу пило- та вологозахист від IP54.

IP (Ingress Protection) – захист світлового приладу від проникнення. Класифікація такого захисту від дотиків, інструментів, частинок пилу, бруду та вологості регламентується відповідно до стандарту СІЕ/ІЕС-529-1989 Міжнародної електротехнічної комісії. Також IP вказує на загальний показник безпеки світильника в плані контакту з електричними компонентами та захисту світлового приладу від зовнішніх шкідливих чинників середовища.

Класифікація розпочинається з маркування IP20, де «2» вказує на захист струмопровідних частин лише від прямого контакту з руками, а «0» вказує на відсутність вологозахисту.

Найпоширенішими класами захисту світлових приладів також є :

- IP40 – захист від втручання інструментів без волого- та пилозахисту;
- IP44 – застосування всередині приміщень з початковим показником захисту;
- IP54 – захист від потрапляння крупних частинок вологості та бруду;
- IP65 – оптимальний захист від дрібного пилу, бруду та прямої подачі води; ступінь дозволяє використовувати прилади для організації вуличного освітлення за умови їх розміщення під навісом для виключення прямого попадання опадів з тильної частини з'єднання приладу;

- IP68 (IP66\67) – сильно захищені, підводні освітлювальні прилади, для установки в басейнах і умов важкої експлуатації;
- на АЗС, підприємствах хімічної промисловості передбачаються прилади, виконані в пожежо – та вибухозахищеному корпусі, для експлуатації в агресивному середовищі.

Проектування та випробування в тестовому режимі приборів всіх маркувань проводиться згідно сертифікації та стандартів МЕК-529.

1.1.3 Блоки живлення світлодіодних світильників

На сьогоднішній день, світлодіоди будучи однією з найефективніших технологій штучного освітлення, мають за собою ряд характерних чинників які ускладнюють їх експлуатацію. Одним з таких чинників є потреба спеціального живлення світлодіодних світлових приладів.

Живлення світлодіодів відбувається постійним струмом (DC), відтак маючи мережу змінного струму, для підключення необхідно спочатку перетворити величини струму та напруги на вході (AC-DC). Джерелами постійної напруги живлення для світлодіодів служать блоки живлення (див.Рис.1.10). Блоки живлення – стабілізаційні джерела напруги, які забезпечують живлення світлодіодних світлових приладів від мережі змінного струму. Раціональний підхід до підбору та розрахунку блока живлення є запорукою якісного і надійного освітлення без порушень експлуатації світлового приладу.



Рис. 1.10 – Загальний вигляд стабілізаційних блоків живлення LED.

Здійснюючи живлення від блоку, напруга є постійною, а струм залежить від кількості паралельно включених світлодіодних з'єднань.

Типовими випадками застосування світлодіодів з блоками живлення є:

- внутрішньовмонтований в джерело світла блок (LED-прожектори, світильники);
- LED-джерело з номінальною напругою живлення, а також паралельне з'єднання груп джерел або LED-стрічок;
- послідовне включення груп джерел, де небажано перевищувати номінальний струм.

При виборі параметрів блоку живлення по параметрах потужності слід враховувати ступінь безпеки та збільшення роботоздатності приладів, тому встановлювати блоки живлення з запасом потужності 20-30% над пропорційним значенням необхідної споживаної світлодіодними приладами потужності. Також слід зважати на умови середовища встановлення, тому відповідно на матеріал корпусу та ступінь захисту IP.

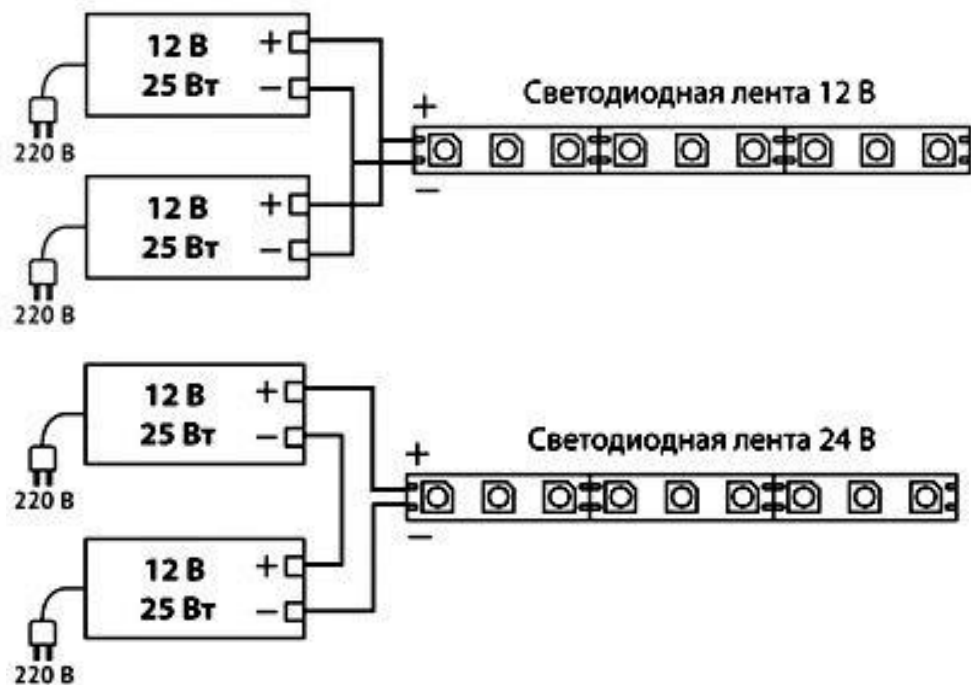


Рисунок 1.11 – Схеми подачі напруги від блоків живлення LED стрічки на 12В та 24В

При недостатньому значенні потужності одного блока, можна застосувати живлення освітлювального приладу від 2-ох чи 3-ох джерел живлення в паралельному з'єднанні (див.Рис.1.11).

Варто звернути уваги, що при неправильному розрахунку для блоків живлення з'являється загроза перевантажень та стрибків струму. Знижується термін експлуатації LED-приладу через постійний перегрів діодів під дією підвищеного струму.

1.2 Актуальні проблеми використання напівпровідникових СП в промислових освітлювальних установках. Шляхи їх вирішення

Світлодіодне освітлення, на сьогоднішній день, є беззаперечно лідируючою технологією штучного освітлення за своєю ефективністю та надійністю. Сучасні освітлювальні системи на базі світлодіодів мають ряд зазначених раніше у розділі переваг, зокрема й хороші оптичні характеристики. Проте практика використання світлодіодних світлових приладів розкриває недоліки та проблеми їх експлуатації, а саме проблему тепловідводу та проблему пікового пускового струму через світлодіодний прилад.

Розглядаючи проблему виділення надлишкової теплоти в процесі роботи джерела світла, потрібно звернути увагу на первинний фактор. Стандартні світлодіоди перетворюють лише фактичні 45% енергії в видиме світло. Решта енергії виходить в якості надлишкового тепла. Дія підвищеної температури в процесі роботи чинить негативний вплив та призводить до зміни показників напівпровідникового пристрою. Процес трансформації частини енергії у тепло в світлодіодах відбувається набагато слабше порівняно з лампами розжарювання. Однак, це веде до перегріву як самого світлодіода, так і області рекомбінації носіїв. Тривалий та високий рівень перегріву може спричиняти ослаблення концентрації носіїв напівпровідникового переходу, погіршувати характеристики прилади та збільшувати імовірність теплового пробою. Таким

чином, пошук рішення слід починати з конструктивних особливостей джерела світла.

Ефективне відведення тепла, що виділяється, є фактичною умовою відпрацювання світловим приладом заявленого терміну експлуатації. В світлодіодах, в якості конструктивного елемента відведення надлишкового тепла в атмосферу застосовується алюмінієвий радіатор, який монтується в габаритах лампи.

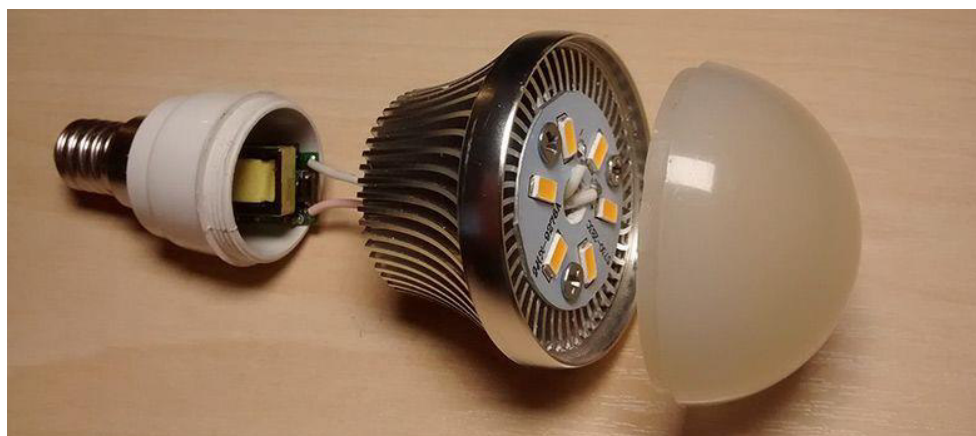


Рисунок 1.12 – Конструктивне виконання та будова LED-лампи

Корпус виконує функції безпосереднього захисту кристалу діода та відводу тепла конвекцією. Єдиним способом відводу надлишкового тепла

перегріву є канал з зворотної сторони діода. Використання теплопровідних підкладок дає змогу мінімізації каналу тепловідводу між власне світлодіодом та радіатором (див.Рис.1.12).

Оптимальним, на перший погляд рішенням, було б вмонтувати в якості підкладки мідну пластину. Проте головними вимогами залишаються не лише ефективні властивості у теплопровідності, але й водночас і електроізолюючі властивості. Таким чином, актуальним залишається питання використання матеріалу з діелектричними і теплопровідними властивостями.

Вирішенням такого питання з покращенням тепловідводу є застосування в корпусуванні світлодіодних джерел світла, кераміки, як природнього діелектрика. Для правильного виготовлення корпусу, обидві сторони підкладки з'єднуються в контур з з'єднанням усіх кристалів мідними доріжками друкованої плати. При цьому мідь заповнює наскрізні отвори та залишається ізольованою від іншої частини плати. Без належного ізолювання отворів унеможлиблюється використання провідних матеріалів.

Для корпусів та елементів використовується кераміка з оксиду алюмінію - корунд (Al_2O_3) та нітрид алюмінію (AlN). Матеріали володіють винятковими теплопровідними властивостями. Показники теплопровідності композиційних матеріалів становляють 20-30 Вт/м·К та 170-200 Вт/м·К відповідно. AlN , в свою чергу, має дуже високу вартість, пов'язану з великою різницею його теплопровідних властивостей, в порівнянні з іншим матеріалом.

Нанокераміка також є ефективним альтернативним методом виготовлення компонентів корпусів та виконання функцій тепловідведення. Нанокерамічні матеріали виготовляються високовольтним електрохімічним оксидуванням, об'єднуючи в собі оптимальні властивості алюмінію та кераміки. Вони здатні забезпечувати ефективність тепловідведення та застосовуватись практично для всіх компонентів потужних світлодіодів.

Наступну серйозну проблему експлуатації світлодіодних світлових приладів становить високий пусковий струм (див.Табл.1.1). Аналізуючи вольт-

амперну характеристику LED-джерел світла (див.Рис.1.13), слід також звернути увагу на характеристику імпульсу пускового струму через світлодіод.

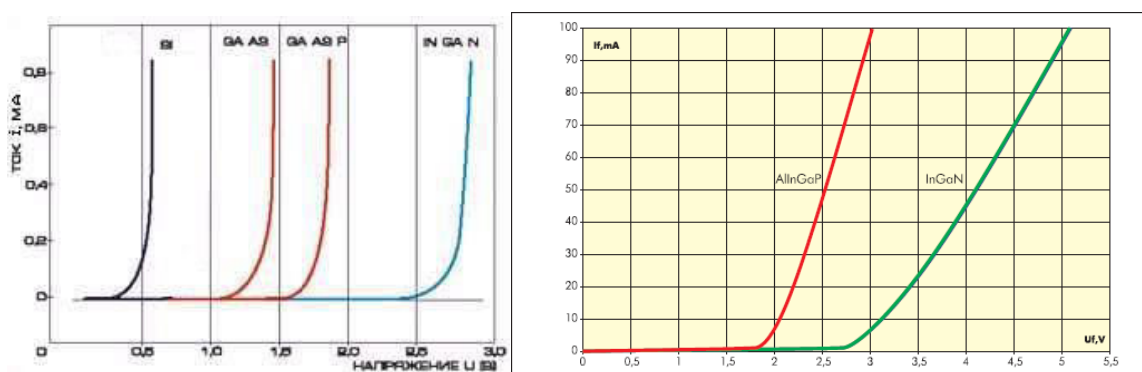


Рисунок 1.13 – ВАХ світлодіодних джерел

В типових лампах розжарювання, пуск холодної вольфрамової нитки розжарювання, яка відповідно в охолодженому стані видає опір величиною в 10-15 разів менший, ніж при нагрітому до температури свічення стані викликає стрибок пускового струму, який перевищує номінальний в десятки разів (див.Табл.1.2). У випадку світлодіодів, які володіють ємнісними характеристиками навантаження при пуску, пусковий струмовий імпульс має тривалість лише кілька мікросекунд, але перевищує величину номінального струму в 1000 та більше разів (див.Рис.1.14).

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика значень кратності та тривалості пускових струмів різних типів джерел світла

Тип лампи	Кратність пускового струму	Тривалість пускового струму, мкс
ЛР	15	0,3
ГЛ	15	0,3
ЛЛ	1,5	3
МГЛ	1,5	600
натрієва	1,5	900

Таким чином, ємнісний характер пускового навантаження навіть малопотужного LED-джерела може завдати шкоди контактам, які розраховані на набагато більшу потужність.

Дослідження на базі лабораторії THEVEN доводять, що при статистиці найбільш несприятливих випадків, LED-джерело потужністю лише 1,8 Вт, здатне видавати короткочасний пусковий струм величиною 19 А, що перевищує номінальний струм для даного джерела в 1706 разів (див.Рис.1.16).

При недотриманні належних умов експлуатації ураження зазнають контакти, так як імпульси пускового струму можуть призвести до часткового оплавлення чи вигорання контакту.

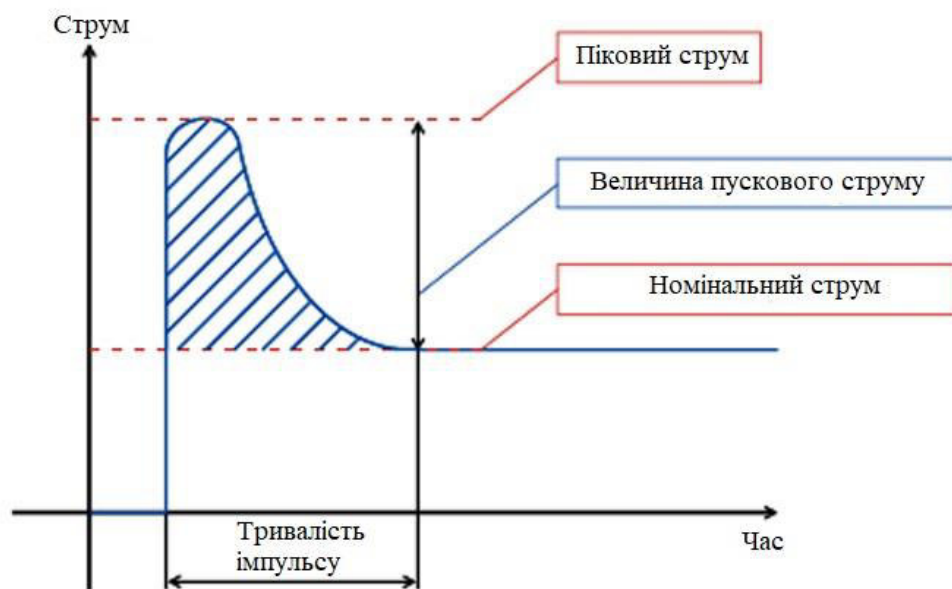


Рисунок 1.14 – Загальний графік зміни величини імпульсу пускового струму LED

Одним з шляхів рішення проблеми є стабілізація величин струму та напруги живлення. Для бюджетних варіантів світлодіодних приладів часто застосовують метод «гасіння» конденсатором послідовного включення. Розраховуючи конденсатор виходячи з параметру потужності лампи, обмежується струм джерела. Такий тип захисту фактично є зниженням

потужності джерела, завдяки чому при живленні з мережі підвищеними значеннями напруги, термін експлуатації приладу не змінюється (див.Рис.1.15).

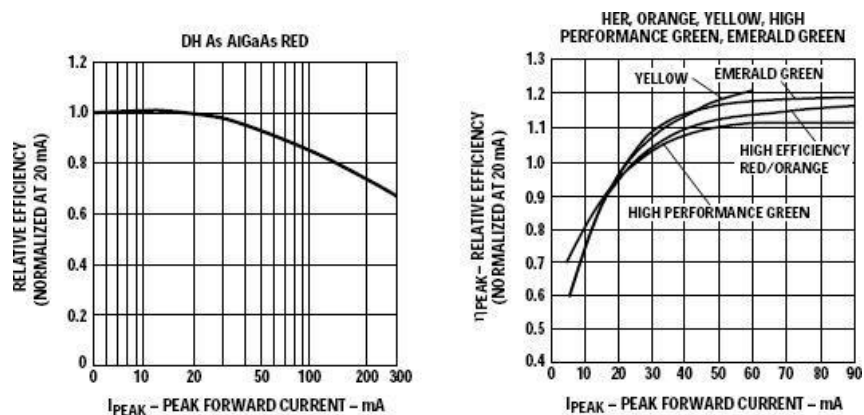


Рисунок 1.15 – Стабілізація пікового струму світлодіодів в зазначеному діапазоні 20 мА

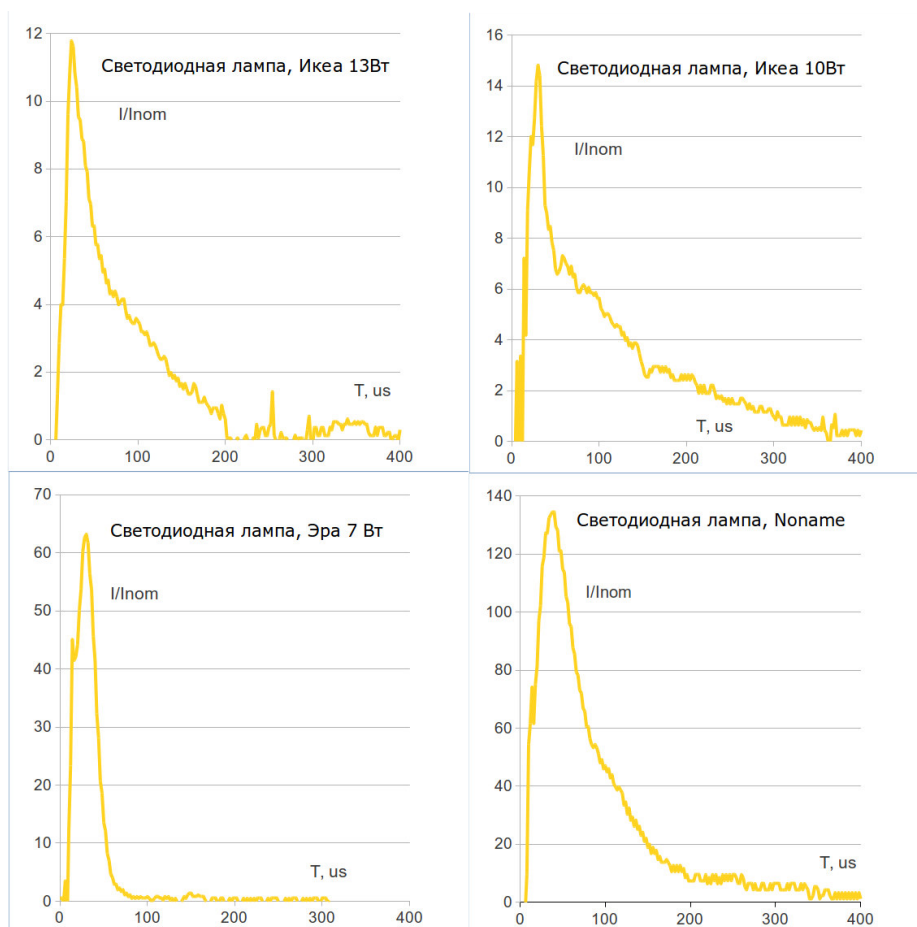


Рисунок 1.16 – Графіки тривалості в часі імпульсного струму запуску різних LED-джерел

1.3.1 Застосування NTC-термісторів обмеження струму

Захист від пікового струму може забезпечуватись комбінованим ланцюгом з силових резисторів, тиристорів та симісторів (тріаків). Активні схеми обмеження пікового струму зазвичай мають високу вартість. Час спрацювання активного обмеження струму залежить від способу комутації мережі. Більшість схем, які використовують обмежувачі пікового струму створюють високий протидіючий опір, забезпечуючи нормальне функціонування системи з стабілізованою величиною струму.

Свого роду одностороннім рішенням імпульсів високого пускового струму LED-джерел є застосування обмежувача NTC-термістора пікового пускового струму. Підключаючись послідовно між живленням та LED-драйверами, термісторний обмежувач струму подає додатковий опір, так званого «гасіння» пускового струму.

В стаціонарному «холодному» стані термістор має високий опір, відповідно у нагрітому – низький. Після спрацювання, опір термістора спадає в нормальний режим та забезпечує стабілізоване живлення струмом з невисоким опором. Термісторні обмежувачі струму є ефективним рішенням для забезпечення роботи LED освітлення, яке має нечасте або одноразове включення протягом робочого дня.



Рисунок 1.17 – Термістор обмеження пікового пускового струму MS35 на базі Ametherm

Обмежувачі пікового пускового струму з NTC (negative temperature coefficient)-термісторами є пасивними елементами. Такі модулі порівняно недорогі та компактні для встановлення в ланцюгах керування.

Для раціонального розрахунку відповідного термістора обмеження струму необхідно визначити основні характеристики, а саме: максимальний струм стаціонарного стану, опір термістора та енергоресурс (в джоулях).

1.3.2 Застосування автоматичних вимикачів

Згідно ДСТУ ІЕК 60898-2:2005 автоматичні вимикачі – це комутаційні електричні апарати, призначені для проведення струму в нормальному режимі та вимикання струму аварійних і ненормальних режимах роботи електроустановки: коротких замиканнях, перевантаженнях, обриві фази, недопустимих зниженнях напруги, а також для нечастих оперативних вмикань і вимикань електричних кіл вручну або дистанційно.[4]

Автоматичні вимикачі класифікуються за функціями, кількістю полюсів, видом розчеплювача, способом монтажу, конструктивним виконанням та селективністю. Загальний вигляд та маркування автоматичного вимикача показано на рисунку (див.Рис.1.18).

Звичайно ключовим критерієм вибору автоматичного вимикача є струм, на який він розраховується. При нормальних умовах експлуатації, максимальне значення струму, що протікає через вимикач довготривало вважають номінальним значенням струму автоматичного вимикача. Калібрування згідно нормованих характеристик відбувається згідно значення номінального струму розчеплювача. Значення відповідає діапазону, в якому струм при тривалому протіканні не викликає відключення автоматичного вимикача, але відбувається відключення при струмах більших на $1.05 \div 1.2 I$, за нормований час спрацювання.

Струмова уставка автоматичного вимикача при короткому замиканні обирається з критерію миттєвого спрацювання у випадку КЗ та розриву кола

для захисту підключених елементів. Уставка спрацювання по КЗ нормується за кратністю струму розчеплювача.[4]



Рисунок 1.18 – Загальний вигляд та маркування автоматичного вимикача Schneider Electric

Спрацювання електромагнітного чи теплового розчеплювача автоматичного вимикача обумовлюється класом, до якого він належить і відповідно діапазоном спрацювання, на який вимикач розраховано. Струмо-часова характеристика автоматичних вимикачів вказує на залежність часу спрацювання розчеплювача від найменшого значення протікаючого струму, при якому розмикання контактів відбудеться без витримки часу (див.Рис.1.19). Основні характеристики миттєвого спрацювання класифікують автоматичні вимикачі за відповідним діапазоном спрацювання по струму. Таким чином їх також розрізняють за відповідним маркуванням по класах струмо-часової характеристики вимикача.

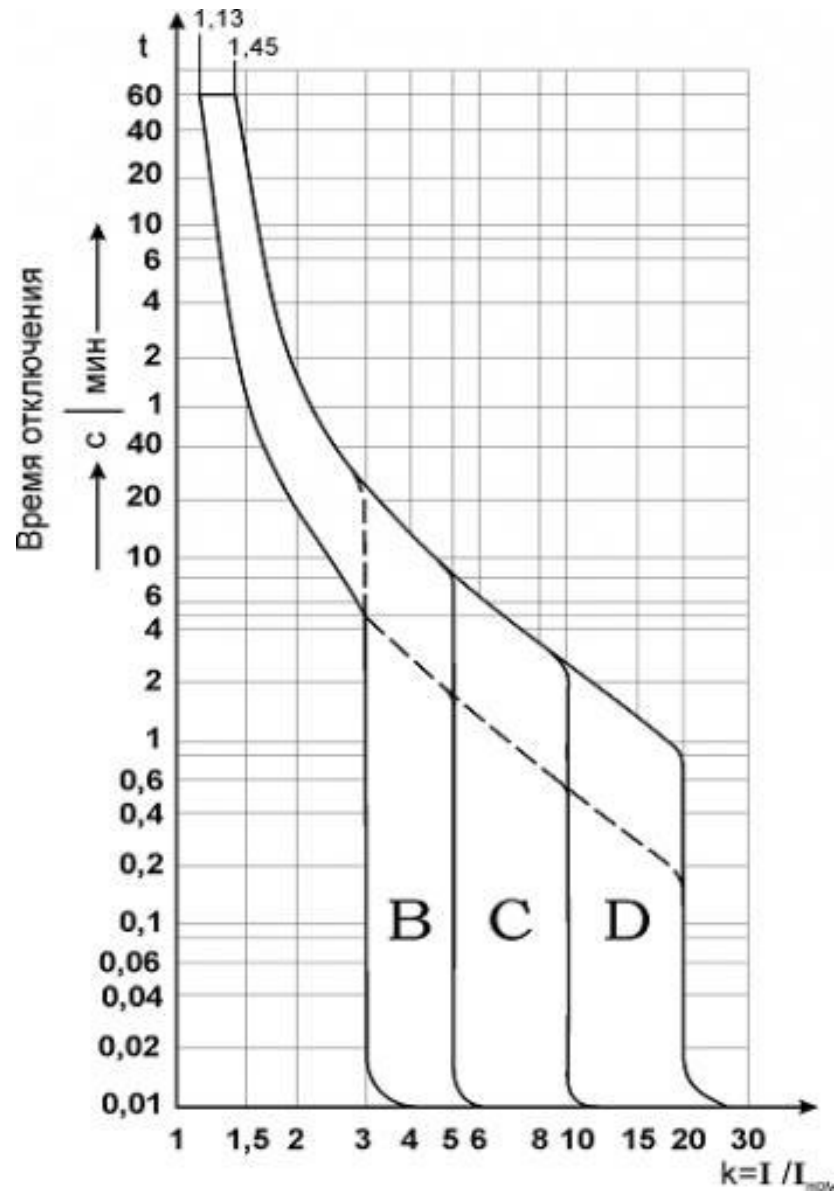


Рисунок 1.19 – Струмо-часові характеристики автоматичних вимикачів

Автоматичні вимикачі з характеристикою типу В доцільно застосовувати для захисту від малих значень струмів КЗ та в переважній більшості випадків, де на лінії відсутні пристрої з високими пусковими струмами (див.Табл.1.2).

Автоматичні вимикачі з характеристикою відключення типу С застосовуються в умовах, де експлуатуються практично всі типи електроприладів. Зокрема, такий тип вимикачів забезпечує захист при використанні електричних та світлових приладів з високими пусковими струмами (див.Табл.1.3).

Автоматичні вимикачі з характеристикою типу D розробляються та експлуатуються для захисту електродвигунів трифазних та однофазних мереж включення. Вони володіють більш грубим градуванням налаштувань чутливості до струмів КЗ (див.Табл.1.3).

Таблиця 1.3 – Типи захисних характеристик автоматичних вимикачів

Тип захисної характеристики	Кратність спрацювання струму при нормальних умовах +30°C	Сфера застосування автоматичного вимикача
B	$(3 \div 5)I_H$	Електроустановки, що не мають значних пускових струмів, зокрема електропроводки житлових будинків
C	$(5 \div 10)I_H$	Електроустановки з «ударним» навантаженням, (багатополюсні асинхронні електродвигуни, освітлювальні установки з газорозрядними лампами)
D	$(10 \div 20)I_H$	Електроустановки зі значними пусковими струмами (трансформатори, двополюсні асинхронні двигуни)

За конструктивним виконанням автоматичні вимикачі поділяються на вимикачі модульні з кріпленням на рейку та корпусні з гвинтовим кріпленням.

Нормованими параметрами для автоматичних вимикачів, обумовленими ДСТУ ІЕК 60898-2:2005 [4] є:

- номінальна напруга (напруга мережі, при якій можлива експлуатація пристрою);
- номінальна частота джерела живлення;
- номінальний струм (в умовах нагрівання в основному номінальному режимі);
- номінальний робочий струм;
- номінальний режим роботи;
- категорія застосування (А, АС, DC);
- механічна стійкість проти спрацювань;
- комутуюча здатність;
- клас обмеження енергії;
- стійкість до умов зовнішніх впливів;
- вимоги безпеки та надійності роботи.

У практиці експлуатації автоматичних вимикачів для захисту освітлювальних установок з світлодіодними світловими приладами, необхідно враховувати ключовий фактор високого пускового струму LED приладів. Проте навіть знаючи величину пускового струму, не завжди можна ефективно вибрати автоматичний вимикач і потрібний діапазон захисту. Вагоме значення відіграє саме тривалість імпульсу пускового струму. Керуючись співвідношенням пускового струму LED-джерел та номінального струму автоматичного вимикача, потрібно скористатись струмо-часовими характеристиками вимикачів. Практичне застосування світлодіодних світлових приладів доводить, що доцільним є використання автоматичних вимикачів з характеристикою типу С, так як тривалість імпульсів пускового струму LED-джерел залишається в допустимих межах (див.Рис.1.20). При цьому необхідно передбачати запас по струму в межах 20-40% для оптимальних умов захисту.

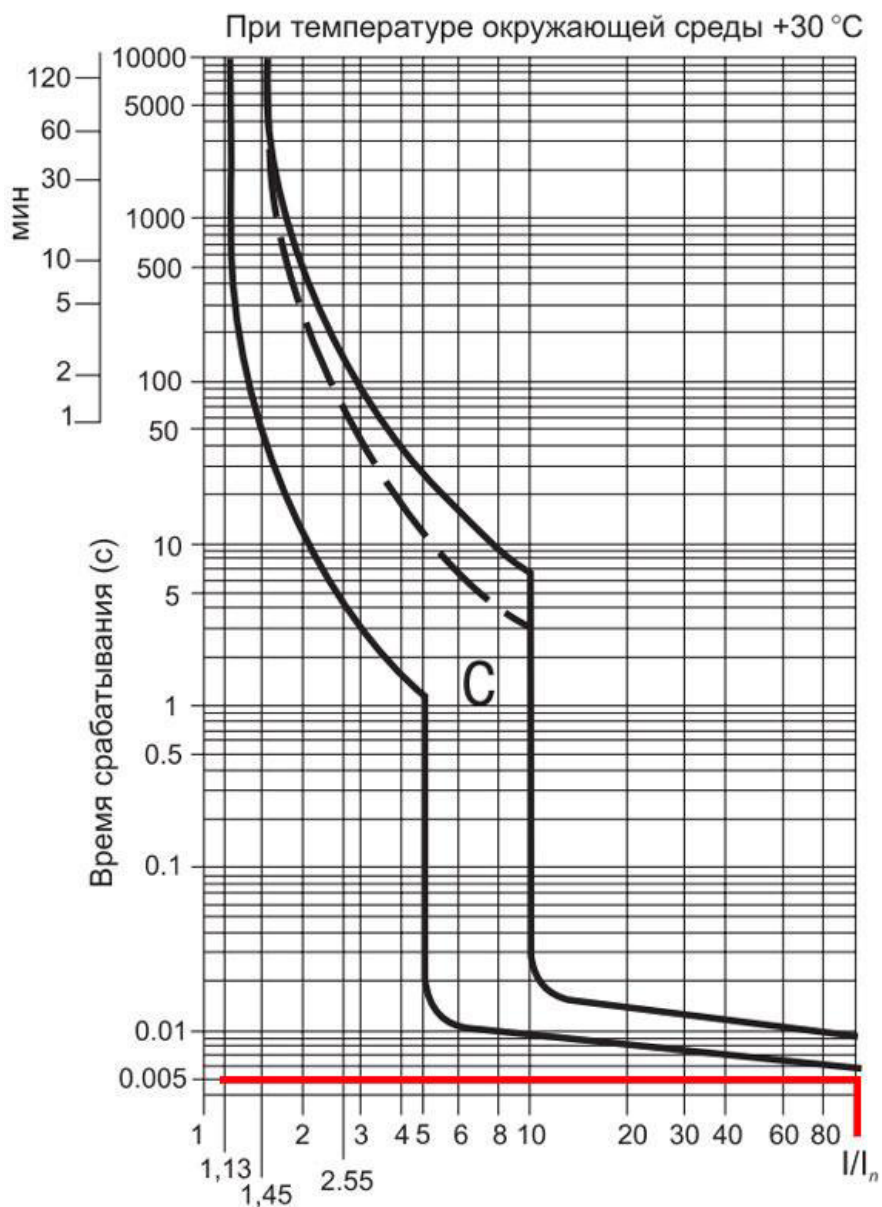


Рисунок 1.20 – Струмо-часова характеристика С-типу автоматичних вимикачів

1.3.3 Перетворювальні плати

Як і у випадку з обмежувачами пускового струму на базі NTC-термісторів, використання перетворюючих схем активного захисту від пікового струму становить високу вартість. Піковий пусковий струм LED світильників подвоює проблему зокрема тоді, коли потребується забезпечити включення

декількох джерел чи груп світлових приладів всієї освітлювальної установки на об'єкті (див.Рис.1.21). На сьогоднішній день, ще одним рішенням проблеми імпульсів високого пускового струму LED-джерел є застосування перетворюючих плат електронної комутації.

Термісторні обмежувачі струму є пасивними елементами захисту. В свою чергу, використання симісторного димірування, реле та комбінованих схем є активним струмообмеженням (Active Inrush Current Limiting).

Перетворюючі плати переходу через «0» або, так званий, «перемикач нуля» є активними обмежувачами струму. Комбінована схема електронної плати забезпечує включення з'єднаних між собою груп світлодіодних світлових приладів при точці нульового перетину синусоїдної кривої 120 В змінної напруги.

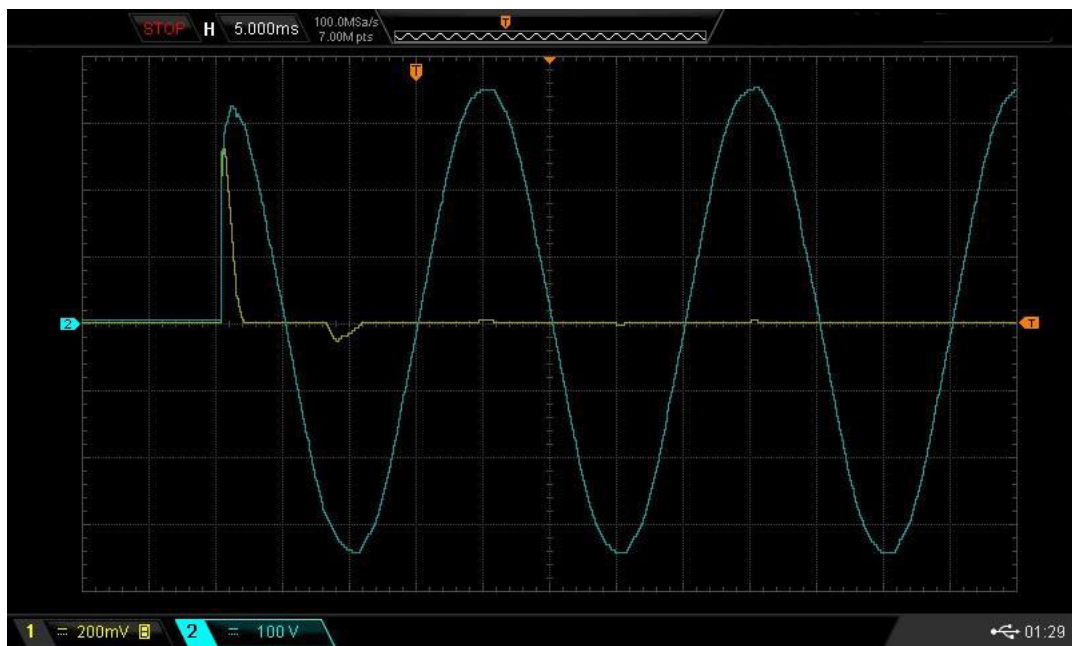


Рисунок 1.21 – Осцилограма імпульсу пікового пускового струму при 100 В за 5 мсек

Забезпечити керування перемиканням напруги нуля можна схемою з використанням твердотільних реле SSR(solid state relay). Багато стандартизованих SSR-реле вже розроблені та виставлені для перемикання нуля

та не спрацьовують, якщо напруга на реле становить нижче 30 В або близькому значенню. Тому SSR-реле фактично є непридатними для застосування в колах з трансформаторами, так як характеристика пускового струму трансформатора стане непридатною, якщо потужність подавати через нульову напругу.

Раціональне ввімкнення модуля SSR-реле до джерела може забезпечити обмеження величин імпульсів пікового пускового струму, який перевищує номінальний в 15-20 разів. Проте, при такому співвідношенні пусковий струм все рівно залишається присутнім, до того ж, включення SSR-реле обмежує кількість приєднання приладів керування та захисту в один ланцюг із джерелом живлення.

Реалізація технологія таких перетворюючих плат, як і вказувалось раніше, є дорогою за своєю вартістю та досить складною. Використання SSR-реле в якості елемента комутації для джерел живлення несе проблеми, які не здаються очевидними при першому використанні плат перетворення.

Проблеми експлуатації криються також у спрацюванні елементів плати. SCR-випрямлячі (silicone controlled rectifier) та симісторні перетворювачі (тріаки) за своїми характеристиками, не проводять струм якщо не подається достатнє безперервне значення. Це може генерувати постійно повторювані короточасні імпульси струму, оскільки комутаційні процеси відбуватимуться безперервно швидко. Схожу аналогію проблеми помічено при диміруванні компактних люмінісцентних ламп з застосуванням стандартного симісторного диммера.

Таким чином, для правильного спрацювання тріаки та SSR-реле мають бути забезпечені достатнім безперервним струмом для спрацювання затвора після першого його спрацювання.

Забезпечити включення переходу через «0» можна також із застосуванням оптопари комутатора нульової напруги з симісторним виходом (МОС3043) та відповідного тріаку. Оптопара має готові вмонтовані схеми комутації та регулювання.

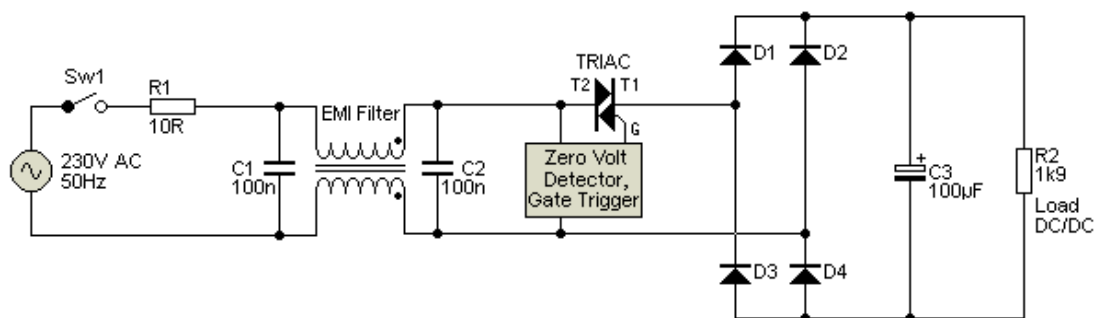


Рисунок 1.22 – Схема переходу нульової напруги з симістором (TRIAC)

Імпульси високого струму запуску несуть небезпеку для всього ланцюга приладів та джерела живлення, так як схема не має належної ефективності. Плата нульової напруги спрацьовує, подаючи живлення на симістор, проте спрацювання симістора не відбувається без подачі струму, аж доки вхідна напруга не перевищить значення заряду напруги конденсатора (див.Рис.1.22). Однак при неправильній роботі схеми, можлива і неправильна робота SSR-реле, яке використовує нульову комутацію напруги. Час спрацювання сигнальної напруги не повинен бути настільки малий, щоб призвести до проведення струму триаком без спрацювання. Магістральний фільтр ЕМІ розробляється таким чином, щоб контролювати та витримувати час роботи нижче критичної межі.

Межа може знаходитись в діапазоні від 50 В/мксек до кількох сотень В/мксек. Симістор, який використовується, повинен захищатись від самозапуску, а між затвором та виходом використовується резистор для досягнення максимальної статичної продуктивності. В деяких триаках резистор монтується в комплекті виробником.

Замінивши НТС-термісторні обмежувачі, проблемою застосування даних плат чи модулів на базі схеми переключення нульової напруги є виділення надлишку тепла в корпусі, Під час експлуатації потрібно додатково забезпечити тепловідвід, що в свою чергу також створює проблему компактності

електроживлення. При обмеженні імпульсів пускового струму необхідно забезпечити ефективність спрацювання елементів плати з необхідною точністю повторень.

1.3.4 Світлодіодні драйвери керування. Протокол DALI. Драйвери плавного включення

Блоки живлення світлодіодів призначені для подачі стабільної величини напруги, незалежно від сили струму. Використання блоків живлення є виграшним варіантом у використанні з LED-стрічками, де забезпечується стабілізована напруга, а сила струму обмежується резисторами не даючи кристалам діодів перегріватись.

Суміжними за використанням приладами, які стабілізують величини для забезпечення роботи світлодіодів є LED-драйвери. Світлодіодні драйвери виконують функцію стабілізування струму через світлодіод. Характеризуються світлодіодні драйвери за величиною напруги на виході, номінальним струмом та потужністю. На підбір потужності драйвера впливають потужності підключених приладів, кількість та колірні характеристики світлодіодів.

Перевагою драйвера над блоком живлення є подача драйвером повної потужності кристалам, без втрат на резисторах. Відповідно світлодіод має більшу яскравість, ніж при використанні блоку живлення. Таким чином, світлодіодні драйвери мають суттєву перевагу коли необхідно забезпечити стабільність роботи освітлювальної системи без резисторів (модулі, групи світильників, панелі) та забезпечити експлуатацію всіх підключених світлодіодних приладів без відключення частини з них та без зміни вхідних величин струму та напруги.



Рисунок 1.23 – Загальний вигляд LED-драйверів в лінійному виконанні (MeanWell ICL-16L) та для кріплення на DIN-рейку (MeanWell ICL-16R)

LED-драйвери будь-яких типів та будь-яких виробників служать джерелами постійного струму, але не напруги. Таким чином при підключенні в схему не потребується встановлення додаткових струмообмежуючих резисторів. Величини потужності та напруги на виходів встановлюються під відповідні значення в допустимому діапазоні і залежать від кількості підключених світлових приладів. Проте, струмообмежуючі резистори додатково використовуються коли необхідно забезпечити послідовне чи паралельне з'єднання груп світильників більше 8-ми штук. Підключення світлодіодних приладів здійснюється послідовно в окремі ланки, які в свою чергу з'єднуються паралельно. Вхідна напруга на драйвері зосереджується в діапазоні $2 \div 18$ В. Вихідна величина напруги на 0.5 В менша за початкову. Спади напруги відбуваються на польових транзисторах.

По типу пристрою LED-драйвери поділяють на лінійні та імпульсні (див.Рис.1.23). Для лінійних драйверів типовою структурою схеми є генерування струму на транзисторі з р-каналом. Лінійні драйвери забезпечують плавну стабілізацію струму при відхиленнях величини вхідної напруги. Для

потужних світлодіодів зазвичай не застосовуються лінійні драйвери, так як вони мають порівняно малу ефективність та сильне виділення тепла.

Імпульсні драйвери працюють за принципом модуляції високочастотних імпульсів на вихідному каналі. Фактично вони працюють шляхом широтно-імпульсної модуляції (ШІМ), коли до уваги береться коефіцієнт заповнення для визначення середньої величини струму та відношення тривалості імпульсу до числа його повторень. Середня величина струму змінюється зміни коефіцієнта заповнення на 10-80%, при цьому незмінною залишається частота імпульсів.

Керування світлодіодами фактично полягає в установці потрібного значення їх параметрів. Керування RGB світло діодами може реалізовуватись на 8-бітних мікроконтролерах PIC чи AVR (ATmega). Ніжки контролерів розраховуються та величину протікаю чого струму, але RGB світло діоди можуть бути підключені і через струмообмежувальні резистори або р-п-р-транзистори.

Для встановлення значення параметрів на виходи подаються прямокутні імпульси відповідної величини, які впливають на величину середнього струму та середню яскравість. Якщо частота імпульсів є недостатньою то світлодіоди почнуть блимати. Для забезпечення постійного стабільного свічення встановлюється нижній поріг частоти 60-70 Гц (не менше 100 Гц для ідеального випадку).

Для реалізації простого керування RGB-світлодіодами потрібно задати 3 широтно-імпульсні модуляції. Канал ШІМ виконується за умов визначеного алгоритму встановлення коефіцієнта заповнення, відліку часу для сигналу верхнього рівня та часу тривалості всього імпульсу.

Використання ШІМ-стабілізаторів є зокрема ефективним практичним рішенням для світлодіодів з живленням від мережі 220 В (див.Рис.1.24). Таким чином, активна потужність на драйвері мінімальна. Такого роду драйвери дають додаткову змогу регулювання живлення від мережі, яскравість та колір RGB.

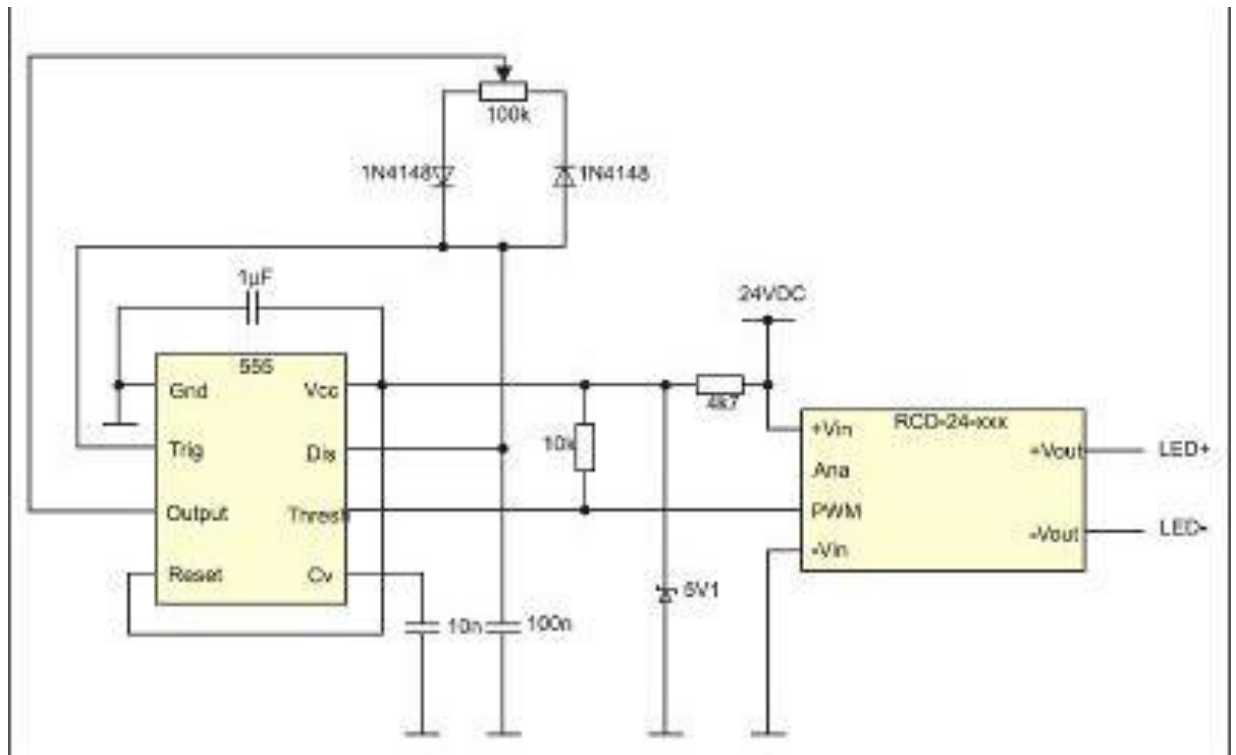


Рисунок 1.24 – Схема ШІМ-генерування з ручним реостатним керуванням

Перевагою сигналів широтно-імпульсної модуляції є можливість передачі без втрат на великі віддалі з високим показником стійкості. Деколи замість генерації сигналу цифровим способом, корисно мати можливість ручного регулювання потенціометром (реостатом), змінюючи значення коефіцієнта заповнення. (див.рис.1.24)

На сьогоднішній день більшість сучасних LED-драйверів мають сумісність з регулюючими яскравість пристроями. Димміровані драйвери дають змогу керувати ступенем яскравості та освітленості приміщень, інтенсивністю свічення. Таке керування суттєво економить ресурс джерела та раціонально економить споживання енергії.

Драйвери з функціями диммірування поділяються за типом підключення. Один з типів приєднується як проміжна ланка між LED-джерелом і джерелом живлення. Таким чином здійснюється керування енергією живлення, що проходить від джерела до LED-приладу. Навантаження передається шляхом ШІМ-модуляції у вигляді імпульсів. Тривалість імпульсів визначає рівень переданої енергії. Застосовуються такі прилади у світлодіодних модулях з

фіксованою напругою. Інший тип драйверів з димміруванням здійснює керування безпосередньо джерелом живлення. Принцип керування здійснюється як ШІМ-керуванням, так і регулюванням величини струму через світлодіоди. Такий тип приладів доцільно застосовувати в LED-приладах з стабілізованою величиною струму. При регулюванні величини струму через LED-прилад спостерігається зміна яскравості та кольору свічення. Застосовуючи ШІМ-регулювання, виникає ефект погіршення зорового сприйняття та електромагнітних завад.

Призначення інтегрованих схем керування освітленням – забезпечення комфорту управління житлових приміщень, підвищення експлуатаційних характеристик виробничих приміщень. Застосування систем дозволяє суттєво економити використання електроенергії. Перехід на цифрові системи керування освітленням має основну перевагу комунікації над аналоговими системами об'єднуючи зв'язок між окремими пристроями в єдину систему.

Однією з останніх сучасних розробок в сфері керування світлотехнічними приладами є система протоколу DALI (Digitally Addressable Lighting Interface). Цифровий інтерфейс керування застосовує інтеграцію мікроконтролерів в компоненти баластів освітлювальних приладів з можливістю адресування.

Розробка була орієнтована для заміни DSI системи керування (Digital Serial Interface). В плані інтеграції в інші системи чи об'єднання з ними, DALI достатньо проста та економічна. Зокрема, багато систем автоматизації керування будівель (LON, BACNet, KNX/EIB) виробляють відповідні шлюзи приєднання KNX-DALI та LON-DALI, суттєво скорочуючи затрати та час на монтаж системи та забезпечуючи гнучкість керування. Стандарт протоколу та апаратні пристрої системи мають вузьку спеціалізовану орієнтацію і призначення тільки для керування освітленням, забезпечуючи достатню ефективність та відносну дешевизну обслуговування.

Основні характеристики DALI:

- передача даних здійснюється по загальній для всіх пристроїв шині;

- для передачі даних використовується 2 проводи без обов'язкового екранування;
- розміщення проводів допускається в одному кабелі з живлення 220 В (фаза-нуль-земля-2 проводи шини DALI);
- підключення шини не потребує збереження полярності;
- на кінцях шини не потребуються термінатори погоджувального навантаження;
- DALI – не є високошвидкісною мережею (швидкість передачі даних – до 1200 біт/сек);
- передбачається захист від підключення живлення до шини керування.
- децентралізована шина не має центрального контроллера;

Одна лінія DALI може містити 64 незалежних пристроїв, таких як диммери, вимикачі і декодери. На одній лінії зосереджуються 16 груп-сцен. Кожен з виконуючих пристроїв має свою індивідуальну адресу, яка може встановлюватись вручну або автоматично призначуватись контроллером, залежно від кількості каналів пристрою (див.Рис.1.25). Застосування роутерів DALI дозволяє об'єднувати разом до 200 підсистем та збільшувати кількість адрес в системі до 12800.

Система вимагає забезпечення постійного значення напруги діапазону 10 -22 В, яке виконує підключений до шини блок живлення. Для одної шини підключається один блок живлення DALI. Згідно стандарту експлуатації струм на шині не повинен перевищувати 250 мА. Структурна схема для підключення пристроїв в системі DALI наведена на рисунку (див.Рис.1.25).

Дистанція передачі даних DALI залежить від перетину проводів та рівня завод. Відповідність орієнтовної дистанції передачі даних до перетину проводів наведено в таблиці. (див.Табл.1.4)

Таблиця 1.4 – Відповідність дистанції передачі даних DALI до перетину проводів.

Перетин кабелю (мідь), мм ²	0,5	0,75	1,5
Дистанція передачі сигналу	до 100 м	від 100 до 150 м	від 150 до 300 м

При виборі проводів враховується, що максимальна величина втрат має становити не більше 2 В при величині струму 250 мА.

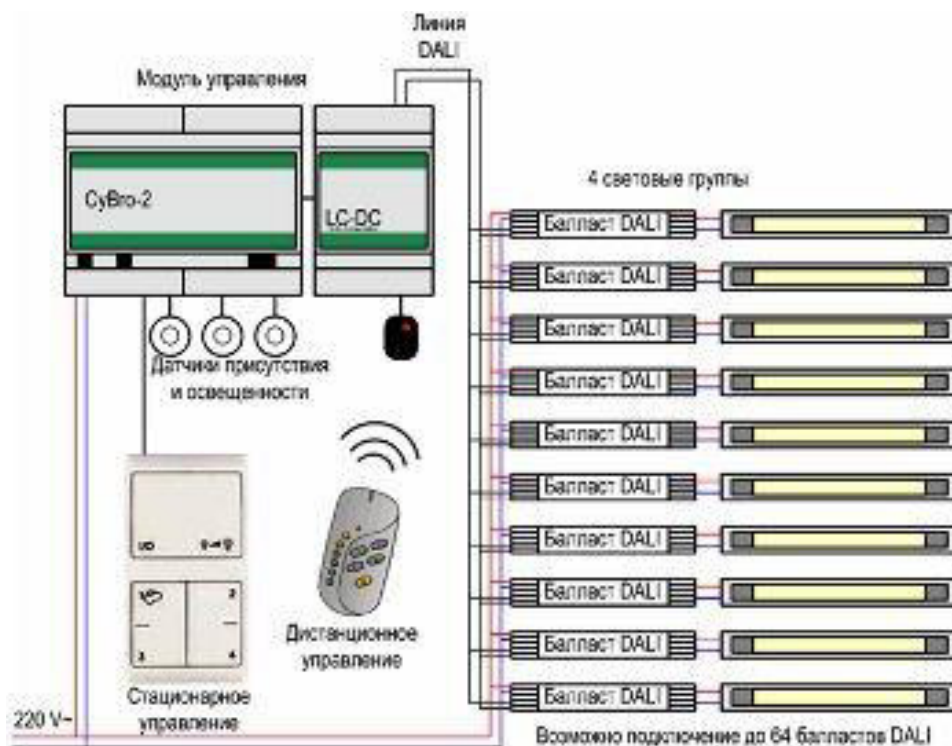


Рисунок 1.25 – Структурна схема підключення пристроїв системи DALI

Кожен підключений пристрій має незалежну вмонтовану енергонезалежну пам'ять, в якій збережено настройки.

Настройки пристрою містять в собі :

- адресу (від 0 до 63);

- дані прив'язки до групи (від 0 до 15); може здійснюватись прив'язка до всіх 16-ти груп;
- сцени (від 0 до 15); в пристрій можуть вноситись всі 16 сцен;
- рівень яскравості після подачі живлення (від 0 до 254);
- дані обмеження максимального і мінімального рівня яскравості при зміні параметрів яскравості освітлення (від 0 до 254);
- рівень яскравості освітлення при перериванні лінії керування, як при аварійному освітленні (від 0 до 254);
- швидкість зміни яскравості.

Команди адресації команд поділяються на: індивідуальні, групові та загальні. Передавання даних здійснюється в форматі «адреса-команда».

Пристрої керування поділяються на групи:

- керуючі за адресою;
- керуючі групами;
- керуючі сценами;

Деякі з пристроїв можуть виконувати функції всіх 3-ох груп. Протокол передбачає передачу команд, які подають запит на статус пристроїв. У відповідь пристрій передає сигнали даних, які включають інформацію про тип пристрою, стан, наявний рівень яскравості та справність і готовність підключеного джерела світла. При відключенні живлення DALI контроллери запам'ятовують наявний стан, а при відновленні живлення автоматично відновлюють останній робочий стан, тому збоїв налаштувань роботи системи не відбувається.

Висновки до розділу 1:

Проаналізовано основні параметри, типи та характеристики світлодіодних світлових приладів. Розглянуто принцип роботи, технологію виробництва та переваги LED-приладів. Обгрунтовано застосування блоків живлення світлодіодних СП та розглянуто ступені захисту світильників. Розглянуто актуальні проблеми експлуатації світлодіодних світлових приладів та запропоновано шляхи їх вирішення. Обгрунтовано ефективність застосування NTC-термісторів, автоматичних вимикачів та LED-драйверів. Проаналізовано особливості активного захисту керування LED-освітленням при застосуванні перетворювальних плат переходу «нуля». Розглянуто та проаналізовано особливості використання типів LED-драйверів та впровадження керування протоколом DALI.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Дослідження та вибір системи керування ОУ

Світлодіоди – чутливі електронні компоненти, отримання оптимальних результатів для яких вимагає раціональної постановки керування в межах вузького спектру специфікації.

Регулювання освітленості в різних діапазонах напруги вимагає особливого підходу, який залежить від багатьох факторів. Для досягнення мети часто застосовуються варіанти регулювання на інвертуючих каскадах. Суттєву різницю становить керування освітленістю в діапазоні 0-10 В та 1-10 В.

Розглядаючи керування діапазону 0-10 В на операційному підсилювачі застосовуємо інвертуючий каскад (див.Рис.2.1). Неінвертуючий вхід підтримується на рівні «віртуальної землі» 2,25 В подільником напруги з резисторів 120 та 100 кОм.

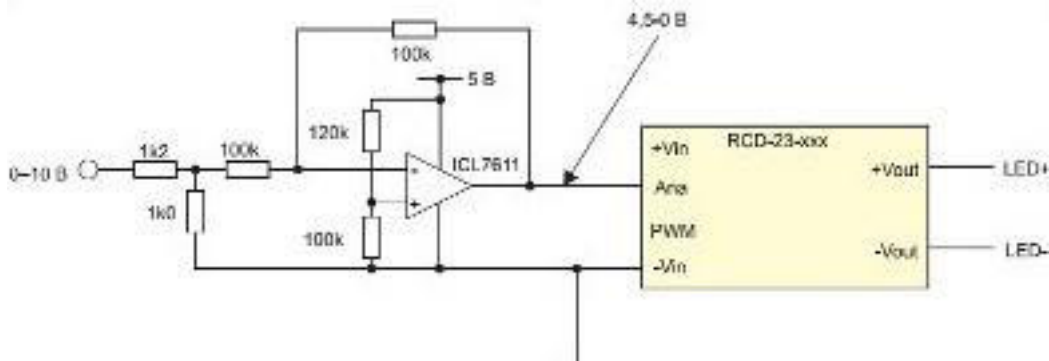


Рисунок 2.1 – Схема керування інвертуючим каскадом (0-10 В)

При умові подачі вхідної напруги, яка буде рівна нулю, для інвертуючого входу для підтримання рівня 2,25 В на операційному підсилювачі подається 4,5 В. Якщо вхідна напруга рівна 10 В, то подільник на резисторах 1к2 та 1к0 за допомогою підсилювача гасить її до рівня 4,5 В. Входи операційного підсилювача залишаються збалансованими тільки у випадку, коли вхідна напруга рівна нулю.

Модифікуючи схему можна отримати можливість регулювання напруги в діапазоні 1-10 В. (див.Рис.2.2)

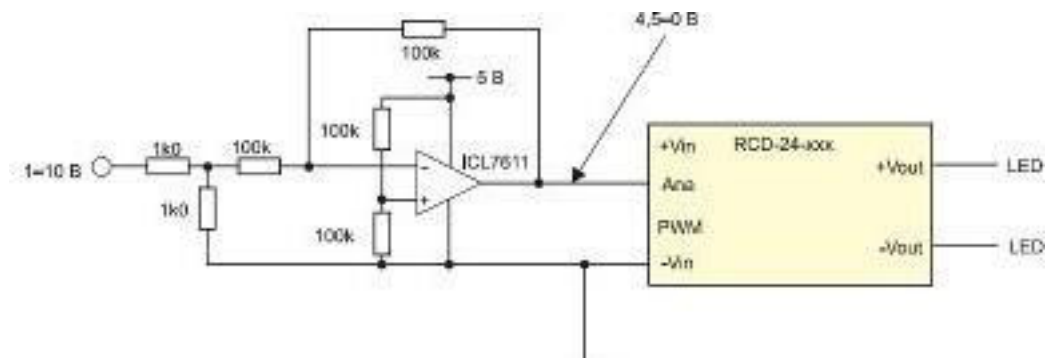


Рисунок 2.2 – Модифікована схема керування інвертуючим каскадом (1-10 В)

Неінвертуючий вхід підтримується на рівні 2,25 В подільником із 100 кОм-них резисторів. Якщо вхідна напруга рівна 1 В, подільник гасить її підсилювачем до 0,5 В. Умова балансу входів залишається 4,5 В вхідної напруги. Якщо на вході поступає напруга 10 В, то вхідний подільник зменшує її до 5 В. Тоді входи залишаються збалансованими тільки при умові вхідної напруги рівної нулю.

Розглядаючи питання пікового пускового струму світлодіодних джерел світла, необхідно визначитись з оцінкою характеристик керування. Зокрема при застосуванні світлодіодних драйверів керування потрібно оцінити характеристики його роботи в режимі повного навантаження. При живленні змінним струмом в світлодіодних світлових приладах при ввімкненні відбувається заряд згладжувального пульсації конденсатора. Це викликає різке зростання величини споживаного струму. В випадку коли в світильнику застосовується драйвер в вигляді окремого модуля, кратність і тривалість імпульсів пускового струму визначаються саме цією ланкою. Для даного проекту розглядаються LED-драйвери виробника MEANWELL.

Практичний підхід до вирішення проблеми показує, що для деяких типів драйверів при переході до економічних світлодіодних джерел від люмінесцентних економічних ламп, відбувається спрацювання автоматичного вимикача. Спрацювання вимикача відбувається навіть при умові зниження значення споживання струму в встановленому режимі. Попередньо

розглядаючи струмо-часові характеристики автоматичних вимикачів в розділі 1 даного проекту, доцільно вважати, що проблема частково вирішується заміною автоматичного вимикача В на вимикач з характеристикою С.

Кратність пускового струму драйвера світлодіодних світлових приладів складає декілька сотень через наявність конденсаторів згладжування пульсацій. Тривалість пускового струму LED-драйверів прийнято визначати на приблизному рівні 50% від максимального значення. Зазвичай воно лежить в діапазоні 100-500 мксек. Однак, такий короткотривалий імпульс здатен викликати спрацювання електромагнітного розчеплювача і розрахувати його значення ніж значення пускових струмів інших традиційних джерел світла.

Вводиться відповідний відносний коефіцієнт оцінки LED-драйвера.

$$K_d = I_{н.д} / I_{с.д} \quad (2.1)$$

де $I_{н.д}$ - номінальний струм захисту автоматичного вимикача в розрахунку на один драйвер;

$I_{с.д}$ - струм драйвера, який споживається в режимі повного навантаження.

Чим нижче значення K_d , тим менша вірогідність помилкового спрацювання автоматичного вимикача. Коефіцієнт K_d завжди більший за значенням ніж значення струму і залежить від характеристики автоматичного вимикача. Для вимикачі з характеристикою В, коефіцієнт є вищим ніж для вимикачів з характеристикою С.

Для конкретного завдання переходу від люмінесцентних ламп до світлодіодних враховується кратність струму з значенням 1,5 та додатковий коефіцієнт запасу 1,25. Таким чином струм захисту автоматичного вимикача складає:

$$I_{н.лл} = 1,5 \cdot 1,25 I_{лл} = 1,875 I_{лл} \quad (2.2)$$

де $I_{н.лл}$ - струм споживаний люмінесцентною лампою.

Перехід на світлодіодні джерела передбачає зниження споживання електроенергії приблизно в 2 рази при орієнтовно однаковому значенні світлового потоку джерел. Таким чином споживання струму LED-джерела рівне $I_{led} = 0,5 I_{лл}$, а номінальний струм автоматичного вимикача становить $I_{н.led} = 0,5 \cdot K_d \cdot I_{лл}$. Застосовуємо LED-драйвер оптимальної цінової категорії із каталогів MeanWell LPC/35-1050. Для обраного типу при характеристиці В автоматичного вимикача маємо значення коефіцієнта $K_d = 5,7$ (див.Табл.2.1) та отримуємо:

$$I_{н.led} = 0,5 \cdot 5,7 I_{лл} = 2,85 I_{лл} > I_{н.лл} \quad (2.3)$$

При такому значенні відбудеться спрацювання автоматичного вимикача з характеристикою типу В (див.Рис.2.3).

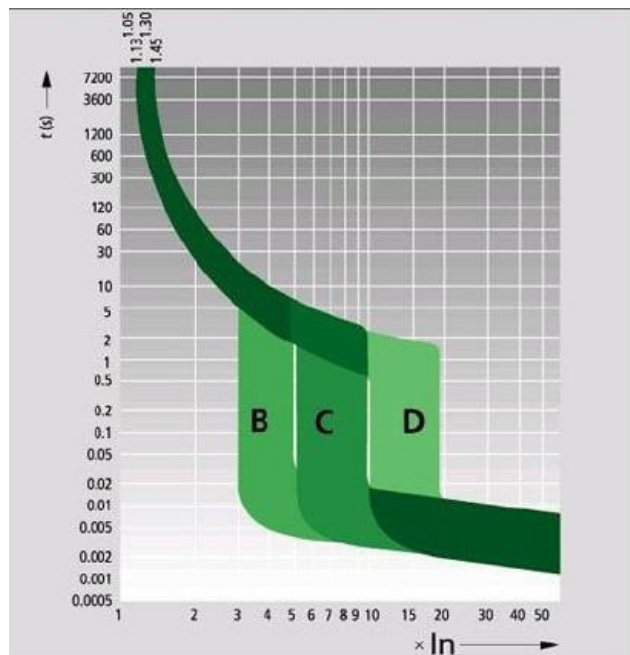


Рисунок 2.3 – Струмо-часові характеристики автоматичних вимикачів

За формулою (2.3) повторюємо розрахунок для автоматичного вимикача з характеристикою С, для якого $K_d=3,3$:

$$I_{н.led} = 0,5 \cdot 3,3 I_{лл} = 1,65 I_{лл} < I_{н.лл}$$

Отримане значення означає, що помилкового спрацювання автоматичного вимикача не відбудеться. Так звана проблема «вибивання автомата» вирішується заміною автоматичного вимикача характеристики В на вимикач з струмо-часовою характеристикою типу С та аналогічним діапазоном номінального струму. При цьому необхідно впевнитись, що після заміни автоматичного вимикача зберігається відповідність норм по струму короткого замикання для вже підключених проводів. Також при такому переході слід звертати увагу на необхідну кількість підключених споживачів до одного вимикача. Віддаючи перевагу при встановленні С-характеристики автоматичного вимикача, потрібно забезпечити запас по перерізу проводів.

Пускові характеристики та значення коефіцієнта LED-драйверів з живленням 230 В (АС) від виробника MeanWell, які розглядаються для даного проекту зведено в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Пускові характеристики драйверів під вхідну напругу 230 В змінного струму

Драйвер	$I_{ном}$ при повному навантаженні, А	Кратність пускового струму	Рекомендований виробником		K_d	
			$I_{н.АВ}$, А		Тип В	Тип С
			Тип В	Тип С		
MeanWell LPC 35- 1050	0,7	79	4	2,3	5,7	3,3
MeanWell ELN 30-12	0,48	115	4	2	8,3	4,2

Широкого застосування набули також LED-драйвери з димміруванням. Застосовуючи диммерні драйвери, отримується можливість керування освітленням за рахунок регулювання інтенсивності свічення. Принцип роботи та тип підключення описано в підрозділі 1.3.4 даної роботи. Як було зазначено раніше навантаження таких драйверів передається шляхом ШІМ-модуляції у вигляді імпульсів, а тривалість імпульсів визначає рівень переданої енергії. Таким чином модифікуючи схеми керування можна отримати LED-драйвери з регулюванням яскравості по фазі (див.Рис.2.3).

Схема PADD кута фази включає понижуючий трансформатор, який знижує мережеву напругу живлення та забезпечує безпечну надійну ізоляцію. Змінна напруга 24 В випрямляється та згладжується. При повністю ввімкненому регуляторі яскравості навантаження приводить значення постійної напруги до межі -26 В. Ланки світлодіодів зазвичай мають пряму напругу 24 В, що дає змогу драйверу серії RCD достатній запас регулювання струму в діапазоні 700 мА. Оскільки вхід регулюється по значенню кута фази, то вхідна напруга знижується, а за нею знижується і вихідна напруга. Схема функціонує навіть при низьких значеннях рівнів керування (dimming levels).

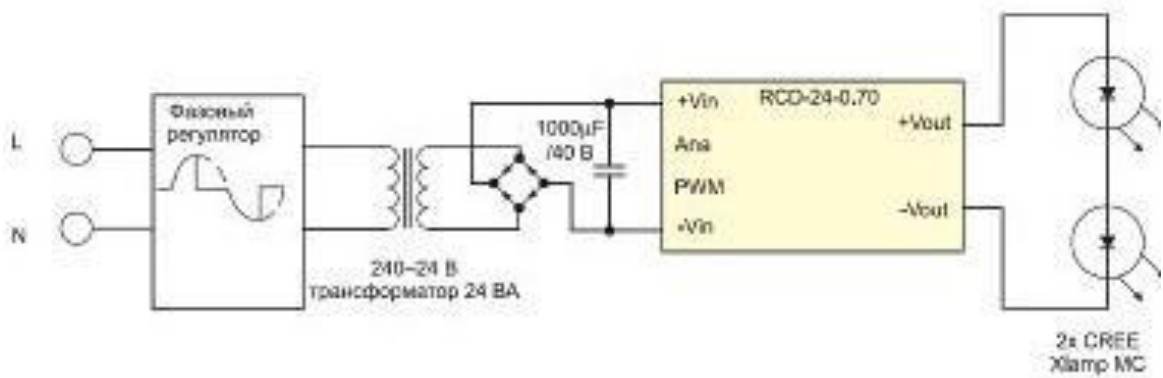


Рисунок 2.4 – Схема LED-драйвера з регулюванням яскравості по фазі

Крива регулювання є нелінійною, проте якщо вважати це застосування при керуванні освітленням бюджетним варіантом, то це не становить великого значення. Для забезпечення максимального діапазону регулювання важливо

забезпечити відповідність навантаження світлодіодів та вхідної напруги. Лінійність кривої регулювання можна покращити застосуванням активного регулювання яскравості, тим самим зробивши її незалежною від різкозмінності величини навантаження. Активне керування регулюванням яскравості вимірює вхідну напругу та генерує відповідну напругу керування. Однак активне регулювання суттєво підвищує ціну такого способу керування освітленням.

Розглядаючи активне регулювання, повертаємось до вищезгаданого у підрозділі 1.3.3 даної роботи. Схеми активного керування та захисту від пікового пускового струму LED-джерел світла становлять високу вартість та складні у виконанні.

Величина імпульсу пускового струму залежить від точного часу між переходом нуля та точкою перемикавання. Для найгіршого випадку при 90° після нульового переходу, де мережа знаходиться на піковій напрузі, час тривалості в інших фазових кутах, але амплітуда перехідного періоду є нижчою (див.Рис.2.5).

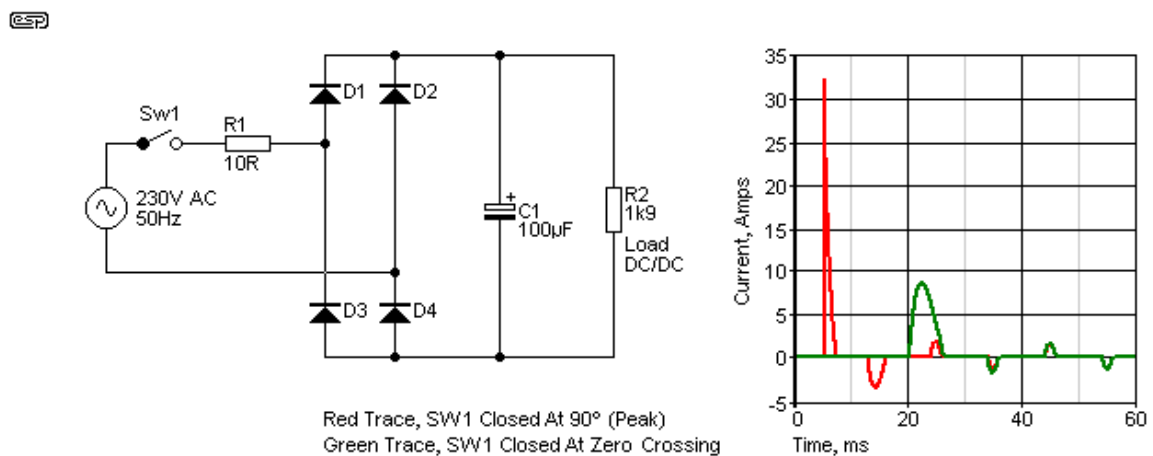


Рисунок 2.5 – Тест схеми активного обмеження вхідного сигналу імпульсу струму

За величини навантаження 50 Вт, напрузі живлення 230 В, вхідний резистор на 10 Ом комплексно діє з прямим опором діода. Фактично 10 Ом не є раціональним в застосуванні, адже розсіювання становитиме майже 1,7 Вт при

нормальній формі кривої струму на струмо-часовій залежності, створеній діодним мостом та фільтром.

Якщо живлення здійснюється при переході нуля сигналу змінного струму, піковий струм втримується на прохідному рівні 8 А, порівняно із величиною робочого струму 415 мА для виходу 50 Вт. Такий тип живлення не включає корекцію коефіцієнта потужності, тому струм на практиці є вищим ніж очікується. Таким чином спостерігається, що піковий імпульс перевищує значення робочого струму приблизно в 20 разів, що є теоретично прийнятним. Величини струму майже пропорційна ємності, яка в свою чергу визначається вихідною потужністю. Так, для даного випадку для потужності 50 Вт застосовують підбір конденсатора на 100 мкФ, в той час коли для живлення 100 Вт знадобиться конденсатор 220 мкФ. Вибір значення також залежить від напруги живлення, одна при цьому для роботи при 120 В потрібна ємність більша ніж при 230 В.

Перемикання нульової напруги викликає значний пусковий струм, проте як видно з рисунку 2.5, характеристика стає більш крутою коли перемикання мережі відбувається на самому піку вхідного сигналу струму. Імпульс пускового струму перевищує 30 А (див.Рис.2.5), так як перемикач був закритий на піку сигналу струму, а не на переході нуля. За використання, значення струму буде коливатись в орієнтовному діапазоні між двома вимірюваними струмами, залежно від точного моменту, коли замкнений вимикач. Значення 30 А перевищує робочий струм приблизно в 70 разів, звідси щонайменше 5-7 навантажених споживачів з допомогою підключеного джерела живлення спричинять спрацювання автоматичного вимикача. Якщо опір буде меншим ніж 10 Ом, піковий імпульс струму буде набагато більшим за значенням. Більші значення ємності призведуть до збільшення часу тривалості імпульсу, проте без збільшення величини струму, так як задіяне обмеження серійним опором.

Схема переходу через нуль є складною у виконанні, тому на практиці важко досягнути оптимального результату керування за раціонального підбору

характеристик елементів ланцюга, забезпечуючи електронні комутації відключення джерела електромережі, коли напруга не дорівнює нулю.

Для більш доступного способу зниження значення вхідного імпульсу, частково вирішує проблему застосування термісторів NTC. Такий спосіб досить непогано зарекомендував себе, як відносно бюджетний та ефективний, тому він є доступним в багатьох виробників.

Термістори є лише однією складовою посеред вибору великої кількості характеристик значень та потужностей. Більшість виробників не намагаються описувати негативні сторони застосування методу, керуючись впровадженням продукції як найбільш економічного варіанту без вказування деталей та недоліків експлуатації.

Опір термісторів знаходиться в діапазоні від 1 Ом до понад 200 Ом, а номінальний струм від приблизно 1 А до 50 А та більше. Завданням раціонального вибору є застосування елемента, який обмежує пусковий струм до прийняттого значення, забезпечуючи нормальну роботу джерела живлення та падіння власного опору для зниження втрат. При передбаченому прямому з'єднанні з мережею, опір при номінальному значенні струму становить 0,34 Ом, тому розсіювання потужності становить 1,36 Вт, враховуючи температуру елемента 124 °С. Таким чином, припускається, що для оптимального режиму роботи необхідні умови номінального струму 1 А, де розсіювання становитиме 0,6 Вт, а температура елемента буде значно нижчою. Тому застосування термісторів доцільне у випадках, коли захищене обладнання отримує постійну величину потужності після початку встановлення живлення.

Для розрахунку значення максимального струму стаціонарного стану потрібно зазначений виробником струм LED-драйвера одиночного джерела помножити на кількість LED-джерел в ланцюгу. Таким чином, маючи заявлений струм $I = 1.05 \text{ A}$ та кількість джерел $n = 9$, отримаємо :

$$I_{max.st} = I \cdot n = 1,05 \cdot 9 = 9,45 \text{ A} \quad (2.4)$$

Пусковий струм та його тривалість в часі може залежати від виробника та конкретної моделі.

Умовно для нашого прикладу розрахунку, піковий пусковий імпульс струму перевищує номінальний в 100 разів.

$$I_{led} = I \cdot 100 = 1,05 \cdot 100 = 105 A \quad (2.5)$$

Таким чином, загальна величини імпульсу пускового струму для групи LED-джерел становитиме $105 \cdot 9 = 945 A$.

Щоб запобігти пошкодженню обладнання, потрібно визначити максимальний допустимий струм, значення якого повинно бути менший за максимальний струм найнижчого за значенням величини елемента ланцюга керування. Таким елементом може виступати контрольне реле або світловий диммер. В такому випадку, якщо світловий диммер має значення максимального струму 20 А, то це визначатиме максимальний допустимий струм ланцюга, навіть якщо в цьому буде автоматичний вимикач з діапазоном в 25 А.

Маючи за умовою $I_{max, доп} = 20 A$, розраховуємо мінімальний опір обмежувача струму. Для цього пікову напругу змінного струму (VAC) розділимо на максимальний допустимий струм.

$$U_{нік} = 240 \cdot \sqrt{2} = 339,36 B \quad (2.6)$$

$$R = U_{нік} / I_{max, доп} = 339,36 / 20 = 16,97 Ом \quad (2.7)$$

Показник енергії в джоулях повинен перевищувати значення загальної енергії LED струму всього ланцюга.

$$E = U_{нік} \cdot I_{led} \cdot \Delta t = 339,36 \cdot 945 \cdot 0,001 = 320,7 Дж \quad (2.8)$$

де Δt - час тривалості імпульсу пікового струму, сек.

Недоліками роботи термісторів є постійне розсіювання потужності в робочому режимі та робота на досить високих температурах. Це означає, що повинен бути передбачений захист від температурно-чутливих деталей. Такий режим роботи додає теплого навантаження всередині корпусів встановлення та знижує загальну ефективність застосування елементів. Також їм необхідний період часу охолодження перед відновленням живлення. При різко змінному ввімкненні або перебоях живлення неохолоджений термістор фактично не залишає захисту від імпульсу пускового струму. Виробниками зазначається період охолодження елементів близько 30-50 сек, залежно від типу, температури середовища та розмірів.

В підсумку використання термісторів для обмеження пускового струму є прийнятним варіантом за наявності обхідного bypass-ланцюга, який матиме час короткого спрацювання 150 мсек або більше.

Для виконання завдання зниження енергозатрат та підвищення терміну служби освітлювальної установки та світлових приладів ефективним рішенням є застосування систем керування на базі інтерфейсу DALI, модулів, роутерів та панелей керування.

Інтерфейс керування дає змогу впровадження сценаріїв освітлення заданих зон, має хороші економічні показники, а також дозволяє отримувати та аналізувати дані завантаженості заданих зон освітлення, візуалізувати їх графічно, та оптимізувати процеси в приміщеннях. Принцип роботи та характеристики експлуатації протоколу керування DALI описано в підрозділі 1.3.4 даної роботи.

Зв'язок між елементами системи здійснюється зашифрованими каналами зв'язку, а ефективні алгоритми керування, розклади та сценарії освітлення дозволяють отримувати економічність до 70%. Для ускладненої модифікації застосовуються додаткові програмно-апаратні комплекси, які дозволяють

здійснювати диспетчеризацію системи керування за принципом інтерфейсу Plug&Play, в якому робота клієнта керування здійснюється в графічному середовищі інтерфейсу.

Компанія DEUS пропонує сучасні рішення в керуванні системами освітлення із забезпечення моніторингу будь-якого типу освітлювальних установок. Зокрема високу ефективність керування освітленням мають запропоновані виробником комбіновані варіанти керування (див.Рис.2.6).

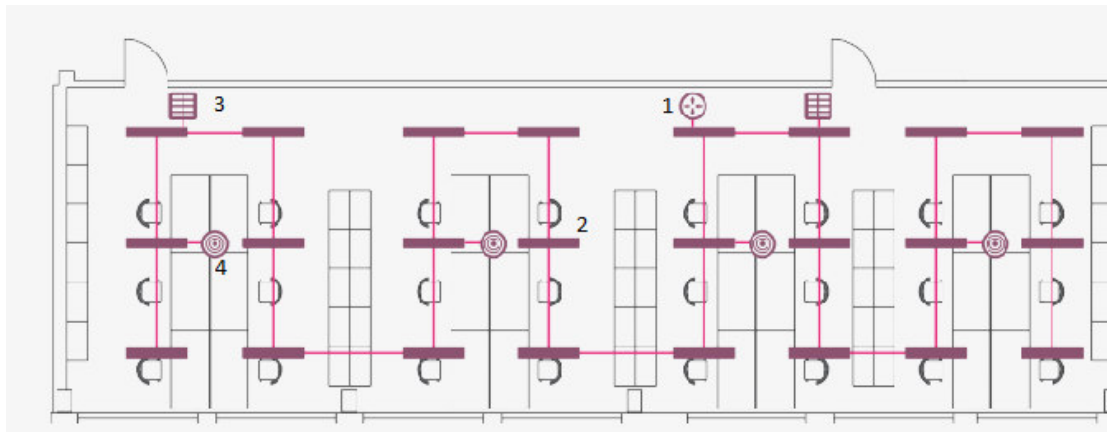


Рисунок 2.6 – Комбінована схема керування освітленням ME6-DALI (1- роутер ME6-RD, 2-керований світильник, 3- 8-контактна кнопчна панель ME6-DALI-8K-DIM-4G, 4-датчик EBDSP/R-Dnet1)

Для керування аварійним освітленням пропонується використання схеми з використанням низьковольтного трансформатора (див.Рис.2.7). Мережевий низьковольтний трансформатор використовується для зарядки резервного кислотного свинцевого акумулятора.

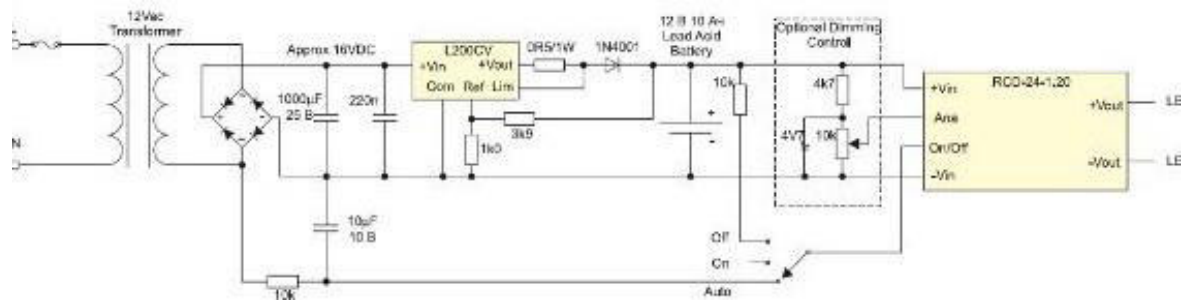


Рисунок 2.7 – Схема керування для аварійного освітлення

Лінійний регулятор обмежує напругу та максимальний струм заряду, що дає змогу перезаряджати розряджений акумулятор та повільно заповнювати ємність повністю зарядженої. Драйвер LED можна переводити в режим автоматичного перемикачання, коли потрібно ввімкнути світлодіодне освітлення за відсутності напруги чи перебою основного живлення. Напруга змінного струму 12 В випрямляється та згладжується на виході з трансформатора, в результаті чого постійна напруга 16 В поступає на вхід регулятора типу L200CV. Регулятор виконаний таким чином, щоб при максимальному струмі 1 А, видавати напругу на виходів 13,8 В для зарядки 12-вольтного акумулятора. Діод на виході L200 захищає від виникнення зворотнього струму через регулятор у випадку, якщо живлення мережі відключене. Оскільки живлення для регулятора знімається після діода, то це не впливає на напругу на виході. Вхід LED-драйвера серії RCD можна налаштувати в 3 положення. Перше положення – вимкнені світлодіоди (OFF). Вхід мікросхеми ON/OFF приведений до 12 В через високоомний резистор. Це дозволяє 12-вольтним сигналом керувати входом 5 В. Такий спосіб вибраний на заміну подільника потенціалів, оскільки подільник може розряджати акумулятор. Друге положення – ввімкнені світлодіоди (ON). Керуючий вхід залишається відкритим, а джерела ввімкнені за замовчуванням. Третє положення – автоматичний режим (AUTO). Доки працює живлення мережі, 12 В змінного струму згаджуються резистором 10 кОм та конденсатором 10 мкФ, для отримання середнього значення постійної напруги 6 В, яке закрий драйвер. Коли мережа відключена, середня напруга спадає до нуля та активується драйвер.

Залежно від поставленого завдання, система керування освітленням повинна забезпечувати необхідну ефективність та сумісність з керованими джерелами світла. Для даного проекту для підвищення ефективності та надійності функціонування освітлювальних установок з LED-джерелами світла та забезпечення їх нормальної роботи раціональним вибором є застосування автоматичних вимикачів із струмо-часовою характеристикою типу С та LED-драйверів. Драйвери з димміруванням та регулюванням яскравості по фазі не є

необхідними, так як освітлення здійснюється з стабільним свіченням у виробничих та адміністративно-побутових приміщеннях. Вибір драйверів з затримкою пуску та їх розрахунок під відповідні автоматичні вимикачі вирішують проблему високого пускового струму світлодіодних світлових приладів. Застосування додатково інтерфейсу керування освітленням DALI також включає ряд переваг автоматизації керування та спрощення роботи диспетчеризації керування, забезпечуючи додаткову економічність комплексної системи керування освітлювальною установкою. Покрокове ввімкнення груп світильників за встановленими сценаріями ввімкнення забезпечує ефективне ввімкнення установки без загрози імпульсів пускового струму та спрацювань «вибивання» автоматичних вимикачів. Для аварійного освітлення є ефективною схема керування на базі низьковольтного трансформатора та акумуляторів (див.Рис.2.7).

Висновки до розділу 2:

Досліджено схеми керування на базі інвертуючих каскадів. Проаналізовано способи вирішення проблеми високого пускового струму світлодіодних джерел. Проведено приклад розрахунку LED-драйвера та вибору автоматичного вимикача відповідної струмо-часової характеристики. Проаналізовано ефективність схем активного керування та захисту освітлювальних установок. Досліджено схему переходу через нуль. Досліджено переваги та недоліки застосування NTC-термісторів обмеження струму. Досліджено ефективність впровадження інтерфейсу керування освітленням на базі протоколу DALI. Досліджено модифіковану схему керування аварійним освітленням. Вибрано оптимальні варіанти комбінованої системи керування для освітлювальної установки.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Аналіз об'єктів. Особливості роботи цехів

Проектування електропостачання силових споживачів та ОУ об'єкту ПАТ «ДніпроВагонМаш» здійснюється для 3-ох робочих секторів-цехів. Повний цикл виробництва включає:

- етап проектування продукції;
- отримання матеріалів та розміщення їх на складі;
- механічну обробку, плазморізку та згинання матеріалів;
- зварювання металоконструкцій;
- формування колісних пар;
- фарбування каркасів та форм;
- проектування та виготовлення технологічного обладнання.

Частина циклу виробництва зосереджена у секторах:

- механічно-складальний цех, $S=360\text{м}^2$ (завезення арматури, металоконструкцій, труб, шліфування, металообробка форм, формування колісних пар);
- ковальсько-пресовий цех, $S=144\text{м}^2$ (різання сортового та листового металопрокату, виготовлення пружин, об'ємні поковки та штамповки матеріалів з нагріванням, приміщення підвищеної температури і загазованості);
- інструментально-заготівельний цех, $S=144\text{м}^2$ (виготовлення засобів технологічного оснащення, інструментів, нестандартного обладнання та засобів механізації).

Живлення силових приймачів проводиться струмом промислової частоти $f= 50$ Гц при напрузі 380 В. Групи електроприймачів, коефіцієнт потужності $\cos \varphi$, коефіцієнт використання K_u , кількість та потужність обладнання наведено у таблиці.

При проектуванні використовуються дані з характеристики встановлених силових електроспоживачів (див.Табл.3.1) та забезпечується розподіл

електроприймачів по РП таким чином, щоб потужність кожного з розподільчих пунктів є приблизно рівною у кожному з секторів. Проектування передбачає вибір схеми живлення, потужності силових трансформаторів, розташування розподільчих пристроїв та розрахунок системи освітлення.

Таблиця 3.1 – Характеристика силових електроспоживачів

№ п/п	Назва виробничого обладнання	P_n , кВт	К- сть, шт	$\sum P_n$, кВт	k_u	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	S м ²	$\sum S$, м ²	$\sum P_n^2$, кВт
1. Механічно-складальний цех (Механічне відділення)										
1	Токарно-гвинторізний верстат	28	1	28	0,14	0,5	1,73	15	15	784
2	Токарно-гвинторізний верстат	4,6	2	9,2	0,14	0,5	1,73	10	20	42,32
3	Токарно-гвинторізний верстат	12,925	3	38,78	0,14	0,5	1,73	10	30	501,56
4	Токарно-гвинторізний верстат	11,13	2	22,25	0,14	0,5	1,73	10	20	247,75
5	Настільно-свердлильний верстат	0,6	3	1,8	0,14	0,5	1,73	5	15	1,08
6	Вертикально-свердлильний верстат	7,125	1	7,13	0,14	0,5	1,73	10	10	50,84
7	Довбальний верстат	13,8	2	27,6	0,14	0,5	1,73	10	20	380,88
8	Горизонтально-розточувальний верстат	18,95	1	18,95	0,14	0,5	1,73	10	10	359,1
9	Поперечно-стругальний верстат	14,5	3	43,5	0,14	0,5	1,73	10	30	630,75
10	Універсально-фрезерний верстат	3,4	2	6,8	0,14	0,5	1,73	10	20	23,12
11	Коніювально-фрезерний верстат	3,5	2	7	0,14	0,5	1,73	10	20	24,5
12	Координатно-розточувальний верстат	2,25	1	2,25	0,14	0,5	1,73	10	10	5,06
13	Плоско-шліфувальний верстат	2,8	2	5,6	0,14	0,5	1,73	10	20	15,68
14	Внутрішньо-шліфувальний верстат	17,525	1	17,53	0,14	0,5	1,73	10	10	307,3
15	Кругло-шліфувальний верстат	9,585	2	19,17	0,14	0,5	1,73	10	20	183,94

Продовження таблиці 3.1

16	Зубо-фрезерний верстат	10,85	1	10,85	0,17	0,65	1,17	10	10	117,72
17	Горизонтально-фрезерний верстат	8,7	2	17,4	0,14	0,5	1,73	10	20	151,38
18	Настільний різьбо-нарізний верстат	0,6	4	2,4	0,14	0,5	1,73	5	20	1,44
19	Кран мостовий електричний	24,2	1	24,2	0,05	0,5	1,73	15	15	585,64
	ВСЬОГО		36	310,41					335	
2. Інструментально-заготівельний цех (Заготівельне відділення)										
20	Верстат відрізний з дисковою пилою	8,825	2	17,65	0,14	0,5	1,73	10	20	155,94
21	Ножниці гільотинні	17	1	17	0,14	0,5	1,73	10	10	289
22	Механічна пила	1,7	1	1,7	0,14	0,5	1,73	10	10	2,89
23	Вальці чистоправні	9	1	9	0,14	0,5	1,73	10	10	81
24	Прес однокривошипний	10	1	10	0,17	0,65	1,17	10	10	100
25	Прес фрекційний	14,5	2	29	0,17	0,65	1,17	10	20	420,5
26	Вертикально-свердильний верстат	2,8	1	2,8	0,14	0,5	1,73	10	10	7,84
27	Обдирно-точильний верстат	2,8	1	2,8	0,17	0,65	1,17	10	10	7,84
28	Вентилятор	4,5	2	9	0,65	0,8	0,75	5	10	40,5
29	Кран-балка	7,3	1	7,3	0,05	0,5	1,73	15	15	53,29
	ВСЬОГО		13	106,25					125	
3. Ковальсько-пресовий цех (Ковальсько-механічне відділення)										
30	Молот пневматичний	55	1	55	0,24	0,65	1,17	20	20	3025
31	Молот пневматичний	10	1	10	0,24	0,65	1,17	10	10	100
32	Камерна електропіч опору (1300 °C)	30	1	30	0,8	0,95	0,33	10	10	900
33	Електропіч-ванна (850 °C)	20	2	40	0,8	0,95	0,33	10	20	800
34	Шахтна електропіч опору (650 °C)	75	1	75	0,8	0,95	0,33	20	10	5625
35	Вентилятор	2,8	2	5,6	0,65	0,8	0,75	5	10	15,68
36	Кран-балка	7,3	1	7,3	0,05	0,5	1,73	15	15	53,29
	ВСЬОГО		9	222,9					95	
	Всього по секторах		58	639,56					555	16091,83

Активну розрахункову потужність виражаємо через формулу:

$$P_p = P_{p.осв.} + P_{p.c.} = 2,286 + 410,48 = 412,8 \text{ кВт} \quad (3.1)$$

де $P_{p.осв.}$ - активна потужність, яка споживається ОУ цехів та адміністративно-побутової прибудови;

$P_{p.c.}$ - активна потужність, яка споживається усіма РП.

Реактивну потужність виражаємо формулами:

$$Q_p = P_{p.осв.} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 2,286 \cdot 0,46 = 1,052 \text{ кВАр} \quad (3.2)$$

$$Q_p = Q_{p.осв.} + Q_{p.c.} = 1,052 + 387,34 = 388,4 \text{ кВАр} \quad (3.3)$$

де $Q_{p.c.}$ - реактивна розрахункова потужність усіх РП.

Повна розрахункова потужність становить:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{412,8^2 + 388,4^2} = 566,8 \text{ кВА} \quad (3.4)$$

Металопрокат та комплектуючі, які поступають на склад, проходять вхідний контроль та контроль відповідності сертифікатам якості. Матеріали видаються цехам відповідно до робочих положень.

Виготовлення деталей та заготовок вагонів з подальшою обробкою здійснюється у ковальсько-пресовому цеху. Пресове відділення здійснює процеси вирубки, різки, штампування, гнуття, проколювання. Ковальське відділення виконує операції різки, гарячого згинання, пробивання і термообробки деталей, заготовок, пружин.

Інструментально-заготівельний цех займається виготовленням технологічного оснащення, інструменту з металопрокату та комплектуючих. Здійснюється ремонт задіяного обладнання. Виготовлені інструменти і нестандартне оснащення надходить у відповідні сектори.

Механічно-складальний цех здійснює механічну обробку деталей вагонів що надходять з ковальсько-пресового цеху. Здійснюється механічна обробка заготовок корпусів, осей, коліс, букс. З готових оброблених комплектуючих матеріалів і деталей формуються колісні пари, здійснюється складання візків. З гальмівних циліндрів, розподільників, авторегуляторів, авторежимів, рам та балок здійснюються зварювальні роботи і збірка. Вагони на візках передаються до наступного етапу в малярно-здавальний сектор.

Висновки до розділу 3:

На основі довідки МТБ-280а/2/10-766 від 31.08.17 про наявність обладнання та матеріально-технічної бази [17], проаналізовано етапи проектування продукції, повний цикл виробництва, засоби для виготовлення технологічного обладнання. Вказано перелік виробничих процесів, які відбуваються в конкретних секторах та на ділянках робіт. Проаналізовано розподіл силових електроприймачів та розподільчих пунктів, схему живлення системи освітлення та вибраного виробничого комплексу даної роботи.

4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Визначення розрахункових навантажень

Середня активна потужність є основною величиною підрахунку електричних навантажень. Її знаходять по показниках, які визначаються шляхом найпростіших досліджень і перевіряються за питомими витратами електроенергії, що є характерними для більшості виробництв.

Середня активна потужність силових електроприймачів однакового режиму роботи визначається шляхом множення встановлених потужностей на значення їх коефіцієнтів використання, що виявляються з матеріалів обстеження діючих підприємств:

$$P_c = p_n \cdot k_u \quad (4.1)$$

де P_c – середня активна потужність;

p_n – номінальна потужність приймачів;

k_u – коефіцієнт використання.

Основним показником графіка навантаження є коефіцієнт використання активної потужності групи приймачів, що являє собою відношення середньої активної потужності групи електроприймачів однакового режиму роботи до її номінального значення:

$$K_u = \frac{P_c}{P_n} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{n_i} \cdot k_{e_i}}{\sum_{i=1}^n p_{n_i}} \quad (4.2)$$

де K_u – груповий коефіцієнт використання активної потужності приймачів;

p_{n_i} – номінальна потужність i -того електроприймача.

Під ефективною кількістю електроприймачів розуміють таке число однорідних по режиму роботи електроприймачів однакової потужності, яке обумовлює ту ж величину розрахункового максимуму, що і група різних по потужності та режиму роботи електроприймачів.

Точне визначення величини проводиться за формулою:

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{ni})^2}{\sum_{i=1}^n P_{ni}^2} \quad (4.3)$$

де n_e - ефективне число електроспоживачів.

Активна розрахункова потужність P_p визначається як добуток середньої активної потужності на коефіцієнт максимуму:

$$P_p = P_c \cdot K_{\max} \quad (4.4)$$

де P_p – активна розрахункова потужність;

K_{\max} – коефіцієнт максимуму (коефіцієнт активної потужності, який залежить від групового коефіцієнта використання K_u і ефективною кількості електроприймачів n_e).

Реактивна розрахункова потужність визначається як добуток середньої активної потужності на тангенс кута φ і на коефіцієнт максимуму:

$$Q_p = P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (4.5)$$

$$Q_p = K_{\max} \cdot \sum_{i=1}^{58} P_{ni} \cdot k_{ui} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i \quad (4.6)$$

де Q_p – реактивна розрахункова потужність.

Повна розрахункова потужність знаходиться як корінь квадратний із суми квадратів розрахункових активної і реактивної потужностей:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (4.7)$$

4.1.1 Визначаємо груповий коефіцієнт використання за формулою (4.2). Дані для проведення розрахунків беремо з розділу 3, таблиці 3.1:

$$K_u = \frac{\sum_{i=1}^{58} P_{n_i} \cdot k_{\epsilon_i}}{\sum_{i=1}^{58} P_{n_i}} =$$

$$= \frac{323.51 \cdot 0,14 + 52.65 \cdot 0,17 + 38,8 \cdot 0,05 + 14.6 \cdot 0,65 + 65 \cdot 0,24 + 145 \cdot 0,8}{639,56} = 0,31$$

4.1.2 Визначаємо середню активну потужність навантаження за формулою (4.1):

$$P_c = K_u \cdot \sum_{i=1}^{58} P_{n_i} = 0,31 \cdot 639,56 = 198,26 \text{ кВт}$$

4.1.3 Визначаємо ефективне число електроспоживачів за формулою (4.3):

$$n_s = \frac{\left(\sum_{i=1}^{58} P_{n_i}\right)^2}{\sum_{i=1}^{58} (P_{n_i})^2} = \frac{639,56^2}{16091,82} = 25,4$$

Згідно Додатку Б даної роботи, визначаємо значення коефіцієнта максимуму K_{\max} .

Якщо у даному випадку $n_s = 25,4$ і $K_u = 0,31$, то $K_{\max} = 1,28$ (K_{\max} – коефіцієнт максимуму активної потужності, який залежить від групового коефіцієнту використання K_u і ефективної кількості електроприймачів).

4.1.4 Визначаємо розрахункову активну потужність споживачів цехів за формулою (4.4):

$$P_p = K_{\max} \cdot P_c = 1,28 \cdot 198,26 = 253,8 \text{ кВт}$$

4.1.5 За формулою (4.6) визначаємо розрахункову реактивну потужність цехів:

$$Q_p = K_{\max} \cdot \sum_{i=1}^{58} p_{ni} \cdot k_{ui} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i =$$

$$= 1,28 \cdot (1,73 \cdot 0,14 \cdot 323,51 + 1,73 \cdot 0,05 \cdot 38,8 + 1,17 \cdot 0,17 \cdot 52,65 + 1,17 \cdot 0,24 \cdot 65 +$$

$$+ 0,75 \cdot 0,65 \cdot 14,6 + 0,33 \cdot 0,80 \cdot 145) = 199,465 \text{ кВАр}$$

де $\operatorname{tg} \varphi_i = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_i}}{\cos \varphi_i}$;

$\cos \varphi_i$ - коефіцієнт потужності i -того електроприймача.

4.1.6 Повну електричну потужність відділень визначаємо за формулою (4.7):

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{253,8^2 + 199,465^2} = 322,8 \text{ кВА}$$

4.2 Розрахунок потужності розподільчих пунктів

Проведемо розрахунок розподільчого пункту (РП1) механічно-складального сектору, в якому розміщено наступні електроприймачі (див. Табл. 4.1):

Таблиця 4.1 – групування споживачів в розподільчому пункті 1

№ п/п	Назва виробничого обладнання	К-сть (шт)	Номер на плані	P_n , кВт	$\sum P_n$, кВт
1)	Токарно-гвинторізний верстат	3	3	12,925	38,78
2)	Настільно-свердлильний верстат	3	5	0,60	1,80
3)	Довбальний верстат	2	7	13,80	27,60
4)	Універсально-фрезерний верстат	2	10	3,40	6,80
5)	Координатно-розточувальний верстат	1	12	2,25	2,25

4.2.1 Визначаємо груповий коефіцієнт використання для РП1 за формулою (4.2):

$$Ku = \frac{\sum_{i=1}^{11} p_{n.i} \cdot ku_i}{\sum_{i=1}^{11} p_{n.i}} = \frac{(38,78 + 1,8 + 27,6 + 6,8 + 2,25) \cdot 0,14}{38,78 + 1,8 + 27,6 + 6,8 + 2,25} = \frac{10,81}{77,23} = 0,14$$

де $p_{n.i}$ - номінальна потужність i -того електроприймача.

4.2.2 Визначаємо середню активну потужність навантаження РП1

$$P_c = Ku \cdot \sum_{i=1}^{11} p_{n.i} = 0,14 \cdot 77,23 = 10,81 \text{ кВт}$$

де Ku - груповий коефіцієнт використання.

4.2.3 Ефективна кількість електроприймачів згідно формули (4.3) для РП1 становить:

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^{11} p_{n.i})^2}{\sum_{i=1}^{11} (p_{n.i})^2} = \frac{77,23^2}{2320,19} = 2,57$$

З графіка (див.Додаток Б) визначаємо значення K_{\max} .

Якщо для даного випадку $n_e = 2,57$ і $Ku = 0,14$, то $K_{\max} = 2,84$.

4.2.4 Активна розрахункова потужність РП1 за формулою (4.4):

$$P_p = K_{\max} \cdot P_c = 2,84 \cdot 10,81 = 30,7 \text{ кВт}$$

4.2.5 Визначаємо реактивну розрахункову потужність РП1 за формулою (4.6):

$$Q_p = K_{\max} \cdot \sum_{i=1}^{11} (P_{n.i} \cdot Ku_i \cdot \text{tg} \varphi_i) = 2,84 \cdot (77,23 \cdot 0,14 \cdot 1,73) = 53,12 \text{ кВАр}$$

де $\text{tg} \varphi_i = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_i}}{\cos \varphi_i}$;

$\cos \varphi_i$ - коефіцієнт потужності i -того електроприймача (див.Табл.3.1).

4.2.6 Визначаємо повну розрахункову потужність РП1 за формулою (4.7):

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{30,7^2 + 53,12^2} = 61,35 \text{ кВА}$$

4.2.7 Визначаємо розрахунковий струм РП1:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{61,35 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 94,97 \text{ А} \quad (4.8)$$

де U_n - номінальна напруга мережі, В.

4.2.8 Визначаємо номінальний струм РП1:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{77,23 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,5} = 239,14 \text{ А} \quad (4.9)$$

Розрахунок розподільчих пунктів проводиться послідовно та аналогічно для кожного РП. Результати розрахунків зведено в таблиці 1-6 (див. Додаток А).

Для встановлення та експлуатації розподільчих пунктів в цехах, згідно проведених розрахунків, підбираємо по каталогу “PromFactor” відповідні РП типів ПР11Д-3068 та ПР11Д-3086А-34УЗ на схемі 086А на номінальний струм пункту 250 А. Встановлено входні автоматичні вимикачі ВА3004. Кількість вимикачів на фідерах – 8 та 12 (триполюсних) позицій відповідно. [PROMFACTOR]

4.3 Розрахунок потужності окремих електроприймачів, які не входять в РП

4.3.1 Здійснюємо розрахунок потужності пневматичного молота (на схемі під номером 30):

$$P_p = K_u \cdot P_c = 0,75 \cdot 55 = 41,25 \text{ кВт} \quad (4.10)$$

де K_u - для даного випадку приймається значення 0,75.

4.3.2 Визначаємо реактивну розрахункову потужність за формулою (4.6):

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_i = 41,25 \cdot 1,17 = 48,26 \text{ кВАр}$$

де $\operatorname{tg} \varphi_i = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_i}}{\cos \varphi_i}$;

$\cos \varphi_i$ - коефіцієнт потужності пневматичного молота (див. Табл.3.1).

4.3.3 Визначаємо повну розрахункову потужність пневматичного молота за формулою (4.7):

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{41,25^2 + 48,26^2} = 63,49 \text{ кВА}$$

4.3.4 За формулою (4.8) визначаємо розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{63,49 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 96,46 \text{ А}$$

4.3.5 За формулою (4.9) визначаємо номінальний струм:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{55 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,65} = 128,56 \text{ А}$$

4.3.6 Здійснюємо розрахунок активної розрахункової потужності шахтної електропечі опору (на схемі під номером 34) за формулою (4.10):

$$P_p = K_u \cdot P_n = 0,80 \cdot 75 = 60 \text{ кВт}$$

де K_u - коефіцієнт використання електропечей, який становить 0,8.

4.3.7 Визначаємо реактивну розрахункову потужність за формулою (4.6):

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_i = 60 \cdot 0,33 = 19,8 \text{ кВАр}$$

де $\operatorname{tg} \varphi_i = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_i}}{\cos \varphi_i}$;

$\cos \varphi_i$ - коефіцієнт потужності шахтної електропечі опору (див.Табл.3.1).

4.3.8 Визначаємо повну розрахункову потужність за формулою (4.7):

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{60^2 + 19,8^2} = 63,18 \text{ кВА}$$

4.3.9 Визначаємо розрахунковий струм електропечі опору за формулою (4.8):

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{60 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 91,16 \text{ А}$$

4.3.10 Визначаємо номінальний струм за формулою (4.9):

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{75 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 120,10 \text{ А}$$

4.3.11 Розрахунок потужності ножиць гільйотинних(на схемі під номером 20) за формулою (4.10):

$$P_p = K_u \cdot P_n = 0,14 \cdot 17 = 2,38 \text{ кВт}$$

де K_u - коефіцієнт використання гільйотинних ножиць, для даного випадку рівний 0,14.

4.3.12 Визначаємо реактивну розрахункову потужність за формулою (4.6):

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_i = 2,38 \cdot 1,73 = 4,12 \text{ кВАР}$$

де $\operatorname{tg} \varphi_i = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_i}}{\cos \varphi_i}$;

$\cos \varphi_i$ - коефіцієнт потужності гільйотинних ножиць (див.Табл.3.1).

4.3.13 Визначаємо повну розрахункову потужність за формулою (4.7):

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{2,38^2 + 4,12^2} = 4,76 \text{ кВА}$$

4.3.14 Розрахунковий струм гільйотинних ножиць за формулою (4.8):

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{2,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 3,68 \text{ А}$$

4.3.15 Номінальний струм гільйотинних ножиць за формулою (4.9) рівний:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi} = \frac{17 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,5} = 52,63 \text{ А}$$

4.4 Визначення центру електричних навантажень

4.4.1 Визначаємо координати центру електричних навантажень:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^{58} P_{n.i} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^{58} P_{n.i}} = \frac{19404,5}{639,6} = 30,34 \text{ м} \quad (4.11)$$

де $P_{n.i}$ - номінальна потужність i -того електроприймача;

x_i - віддаль по осі абсцис.

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{58} P_{n.i} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^{58} P_{n.i}} = \frac{4003,8}{639,6} = 6,26 \text{ м} \quad (4.12)$$

де y_i - віддаль по осі ординат.

4.4.2 Здійснивши розрахунки отримуємо значення:

$$x_0 = 30,34 \text{ м}; \quad y_0 = 6,26 \text{ м}.$$

4.4.3 Результати розрахунку значень відповідних координат для об'єктів зведено в таблицю. (див.Табл.4.2)

Таблиця 4.2 – Координати розташування об'єктів

№ на схемі	Назва ел. споживача	P_n	X	Y	$x \cdot P_n$	$y \cdot P_n$
1	Токарно-гвинторізний верстат	28	9,6	9,8	268,8	274,4
2	Токарно-гвинторізний верстат	4,6	6	9,8	27,6	45,08
2	Токарно-гвинторізний верстат	4,6	6,3	9,8	28,98	45,08
3	Токарно-гвинторізний верстат	12,93	17,3	9,8	223,7	126,7
3	Токарно-гвинторізний верстат	12,93	19,5	9,8	252,1	126,7
3	Токарно-гвинторізний верстат	12,93	22	9,8	284,5	126,7
4	Токарно-гвинторізний верстат	11,13	3,3	9,8	36,73	109,1
4	Токарно-гвинторізний верстат	11,13	4,9	9,8	54,54	109,1
5	Настільно-свердлильний верстат	0,6	27	11	16,2	6,6
5	Настільно-свердлильний верстат	0,6	27,5	11	16,5	6,6
5	Настільно-свердлильний верстат	0,6	28	11	16,8	6,6
6	Вертикально-свердлильний верстат	7,13	15	2,5	107	17,83
7	Довбальний верстат	13,8	12,9	9,8	178	135,2
7	Довбальний верстат	13,8	14,2	9,8	196	135,2
8	Горизонтально-розточувальний верстат	18,95	2,3	9,8	43,59	185,7
9	Поперечно-стругальний верстат	14,5	9,2	2,5	133,4	36,25
9	Поперечно-стругальний верстат	14,5	11,5	2,5	166,8	36,25
9	Поперечно-стругальний верстат	14,5	13,5	2,5	195,8	36,25
10	Універсально-фрезерний верстат	3,4	25,3	9,8	86,02	33,32
10	Універсально-фрезерний верстат	3,4	23,6	9,8	80,24	33,32
11	Копіювально-фрезерний верстат	3,5	5,7	2,5	19,95	8,75

Продовження таблиці 4.2

11	Копіювально-фрезений верстат	3,5	7,9	2,5	27,65	8,75
12	Координатно-розточувальний верстат	2,25	16,4	9,8	36,9	22,05
13	Плоско-шліфувальний верстат	2,8	16,3	2,5	45,64	7
13	Плоско-шліфувальний верстат	2,8	27	2,5	75,6	7
14	Внутрішньо-шліфувальний верстат	17,53	3,9	2,5	68,37	43,83
15	Кругло-шліфувальний верстат	9,59	24	2,5	230,2	23,98
15	Кругло-шліфувальний верстат	9,59	26,3	2,5	252,2	23,98
16	Зубо-фрезерний верстат	10,85	22,6	2,5	245,2	27,13
17	Горизонтально-фрезений верстат	8,7	18,2	2,5	158,3	21,75
17	Горизонтально-фрезений верстат	8,7	19,8	2,5	172,3	21,75
18	Настільний різьбо-нарізний верстат	0,6	2,3	1,6	1,38	0,96
18	Настільний різьбо-нарізний верстат	0,6	2,8	1,6	1,68	0,96
18	Настільний різьбо-нарізний верстат	0,6	3,3	1,6	1,98	0,96
18	Настільний різьбо-нарізний верстат	0,6	3,7	1,6	2,22	0,96
19	Кран мостовий електричний	24,2	29,1	1,5	704,2	36,3
20	Ножиці гільйотинні	17	50,1	5,2	851,7	88,4
21	Верстат відрізний з дисковою пилою	8,83	37,5	9,8	331,1	86,53
21	Верстат відрізний з дисковою пилою	8,83	37,5	2,5	331,1	22,08
22	Механічна пилка	1,7	39	2,5	66,3	4,25
23	Вальці чистоправні	9	35,6	9,8	320,4	88,2
24	Прес однокривошипний	10	31,2	2,5	312	25
25	Прес фрекційний	14,5	32,4	2,5	469,8	36,25
25	Прес фрекційний	14,5	31,2	9,8	452,4	142,1
26	Вертикально-свердлильний верстат	2,8	37	2,5	103,6	7
27	Обдирно-точильний верстат	2,8	34,1	2,5	95,48	7

Продовження таблиці 4.2

28	Вентилятор	4,5	40,6	2,5	182,7	11,25
28	Вентилятор	4,5	39	9,8	175,5	44,1
29	Кран-балка	7,3	38,7	1,5	282,5	10,95
30	Молот пневматичний	55	49,5	10	2723	550
31	Молот пневматичний	10	47,2	2,7	472	27
32	Камерна електропіч опору (1300 °С)	30	50,1	2,7	1503	81
33	Електропіч-ванна (850 °С)	20	46,2	2,7	924	54
33	Електропіч-ванна (850 °С)	20	44,1	2,7	882	54
34	Шахтна електропіч опору (650 °С)	75	51,3	10	3848	750
35	Вентилятор	2,8	53,1	2,7	148,7	7,56
35	Вентилятор	2,8	51,6	2,7	144,5	7,56
36	Кран-балка	7,3	45	1,5	328,5	10,95
	Всього по цеху	639,6			19404,5	4003,8

Координати наведені в метрах, на кресленні переносяться з урахуванням масштабу. У зв'язку з тим, що центр електричних навантажень попадає на проїжджу частину, раціонально провести його зміщення та винести за межі цехів на 8 м вниз і вліво на 2 м в окрему будівлю, окремо від місць безпосередніх процесів експлуатації виробництва та проїжджих частин.

4.4.4 Для додаткової точності результатів координат та для перевірки проведено розрахунок центру електричних навантажень методом координат, взятих з розміщення розподільчих пунктів.

Враховуючи похибку на розбіжність розташування РП (див.Табл.4.3) та окремих споживачів підключених до цих РП, отримуємо наступні результати:

$$\begin{array}{cc} x_0 & y_0 \\ 26,409041 & 5,4856348 \end{array}$$

Продовження таблиці 4.4

Lighting Technolo gies	LB/S C ECO LED 140 5000K	1xLED 110W/ 15400 лм	Д1359х Ш304хВ 172	100	140	Асиметричний (А40)	53.8°-C0
							56.6°- C90
							52.8°- C180
							55.3°- C270

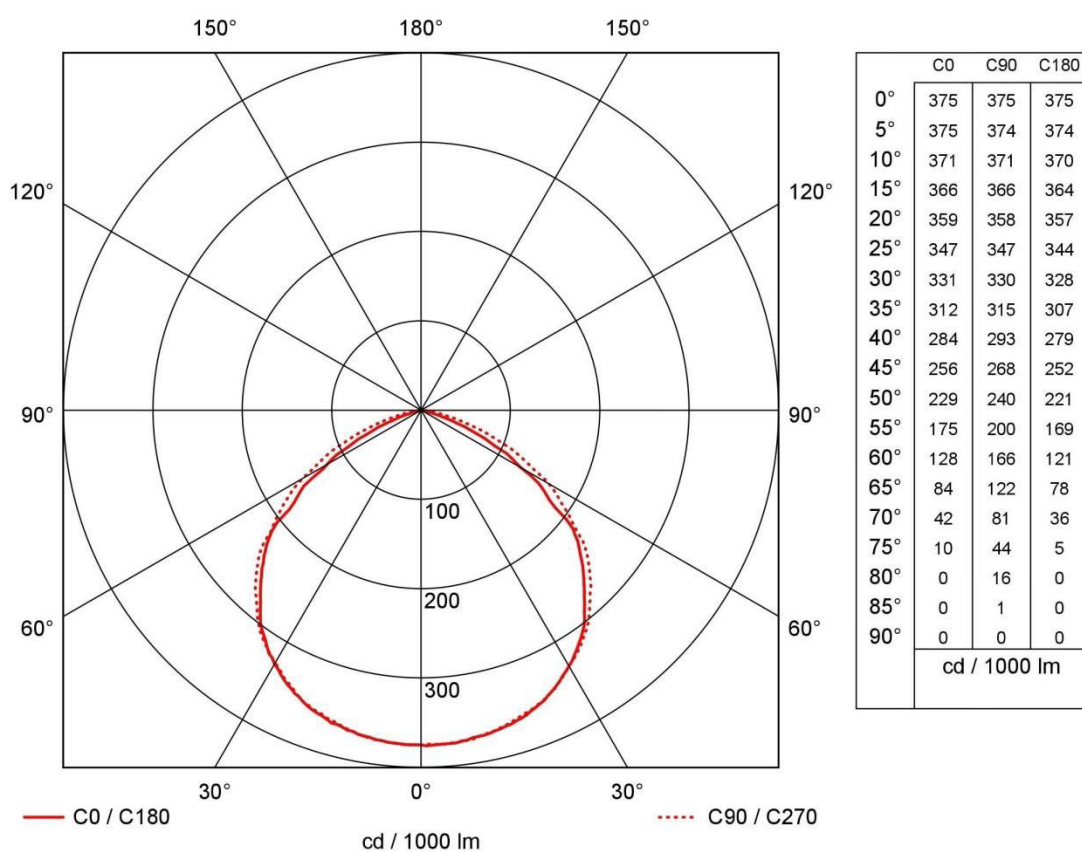


Рисунок 4.1 – КСС LB/S C ECO LED 140 5000К

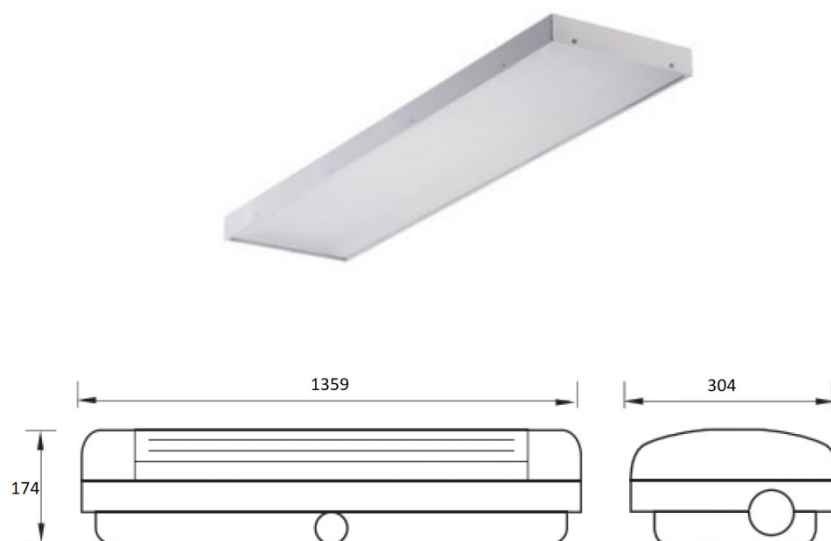


Рисунок 4.2 – Загальний вигляд та габарити LB/S C ECO LED 140 5000K

4.5.2 Для освітлення кабінету майстра в адміністративно-побутовій прибудові використовуємо світлові прилади (див.Табл.4.5)

Таблиця 4.5 – Характеристики АОТ.ОПЛ ECO LED 600 4000К

Виробник	Світильник	Тип лампи	Розміри, мм	ККД, %	ККД світильника, лм/Вт	Світлорозподіл	Кут падіння променя
Lighting Technologies	АОТ.ОПЛ ECO LED 600 4000К	1xLED 33W/3350 лм	Д640х Ш640х В75	100	101.52	Симетричний С90-С270 (А41)	116.5°
							С0-С180
							58.3°-С90
							58.3°-С270

Криву сили світла (КСС) для вибраного типу світлових приладів зображено на рисунку (див.Рис.4.3).

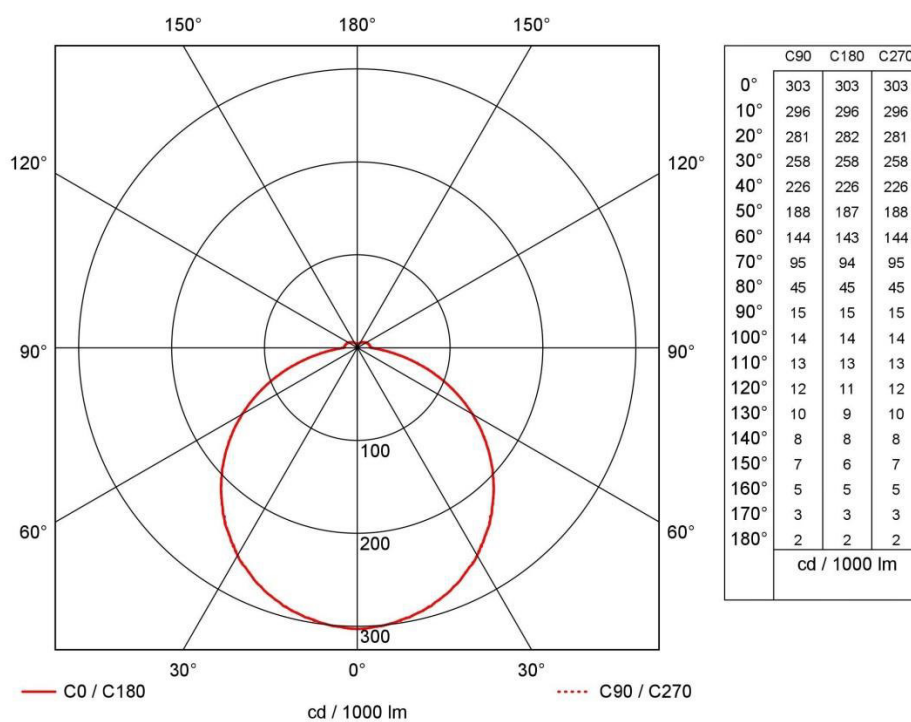


Рисунок 4.3 – КСС AOT.OPL ECO LED 600 4000K

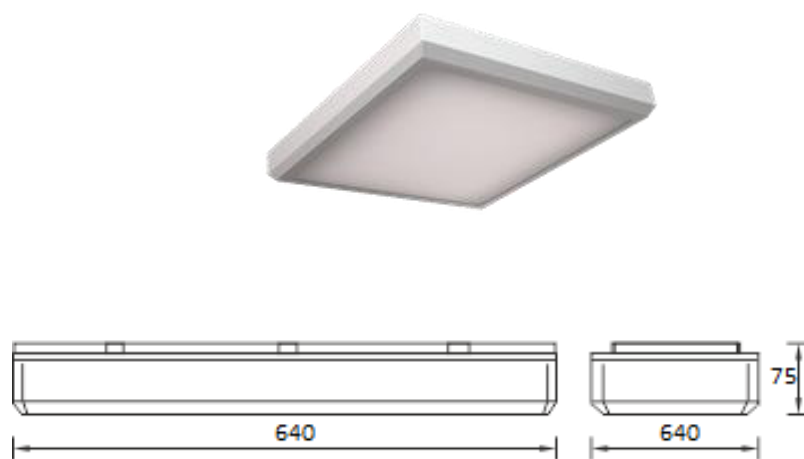


Рисунок 4.4 – Загальний вигляд та габарити AOT.OPL ECO LED 600 4000K

4.5.3 Для коридорних приміщень встановлюємо світлові прилади аналогічного типу, замінюючи розраховані типи ламп на лампи зі збільшеним показником світлового потоку (див.Табл.4.6).

Таблиця 4.6 – Характеристики AOT.OPL ECO LED 600 4000K із лампою LED 33W/ 3960 лм.

Виробник	Світильник	Тип лампи	Розміри, мм	ККД, %	ККД світильника, лм/Вт	Світлорозподіл	Кут падіння променя
Lighting Technologies	AOT.OPL ECO LED 600 4000K	1xLED 33W/ 3960 лм	Д640х Ш640х В75	100	101.52	Симетричний C90-C270 (A41)	116.5° C0-C180
							58.3°- C90
							58.3°- C270

КСС для вибраного типу світлових приладів зображено на рисунку (див.Рис.4.3).

4.5.4 Освітлення інструментальної кладової та санвузлів здійснюємо світловими приладами (див.Табл.4.7).

Таблиця 4.7 - Характеристики CD LED 18 MS 3000K

Виробник	Світильник	Тип лампи	Розміри, мм	ККД, %	ККД світильника, лм/Вт	Світлорозподіл	Кут падіння променя
Lighting Technologies	CD LED 18 MS 3000K	1xLED 18W/ 1650 лм	Д390х В144	100	91.67	Симетричний C90-C270 (A31)	116.6° C0-C180
							58.3°- C90
							58.3°- C270

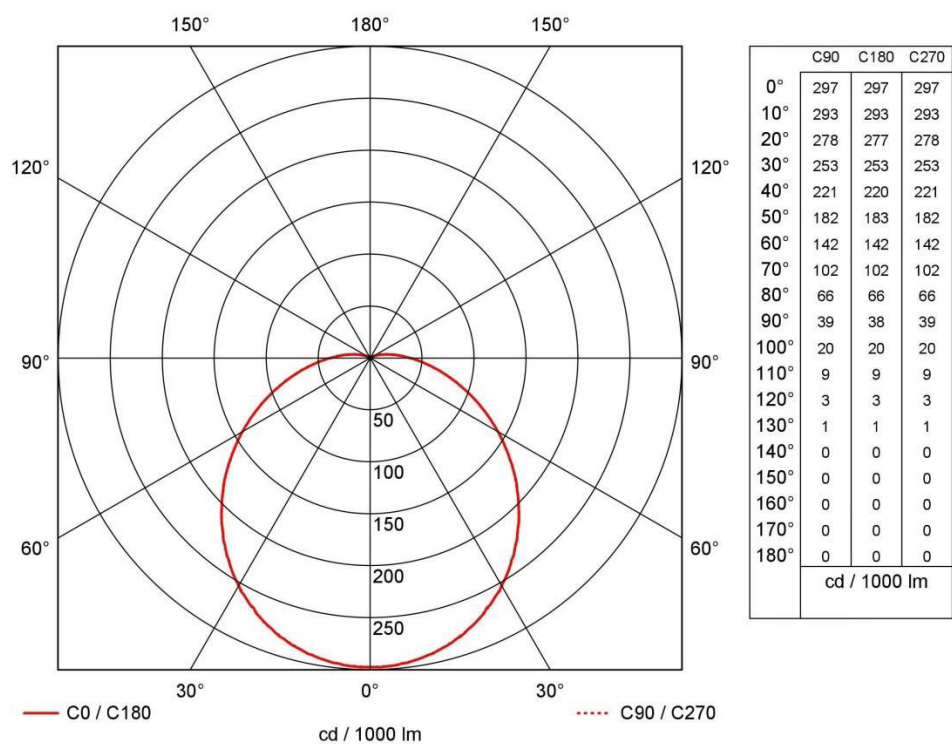


Рисунок 4.5 КСС CD LED 18 MS 3000K

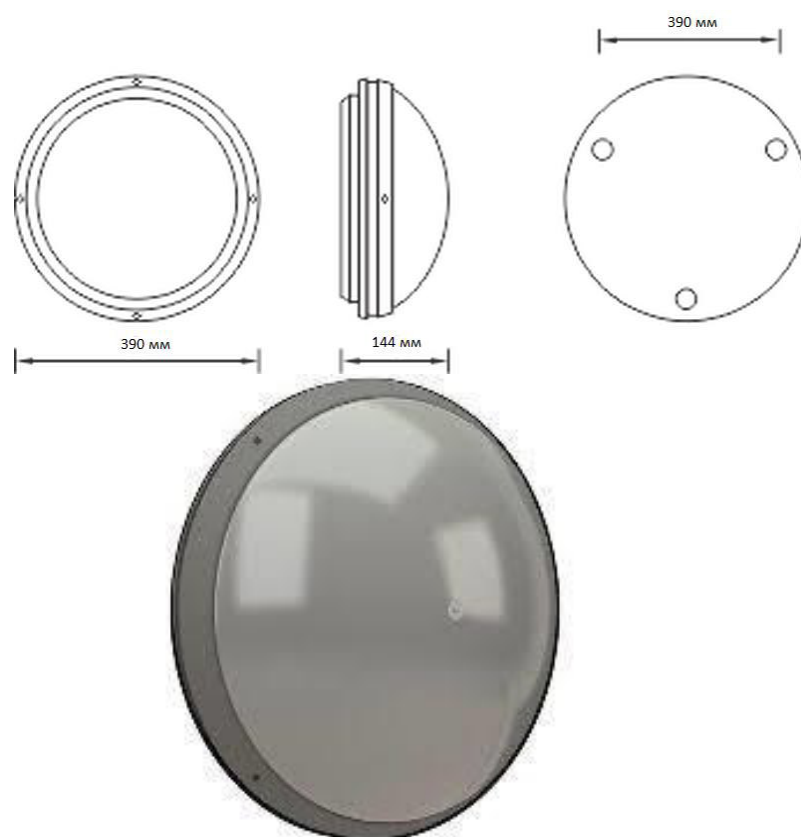


Рисунок 4.6 – Загальний вигляд та габарити CD LED 18 MS 3000K

4.6 Нормоване освітлення

Завданнями нормування освітлення є:

- класифікація зорових робіт;
- вибір критеріїв нормування відповідно до функціонального призначення освітлення;
- вибір параметрів освітлення, що підлягають нормуванню;
- встановлення значень нормованих параметрів для робіт різних типів.

В основу нормування закладено результати досліджень в областях фізіології зору, гігієни та екології навколишнього середовища. Нормативні документи відображають поточний рівень розвитку світлотехнічної промисловості.

Нормування освітлення полягає в законодавчому встановленні норм і правил виконання систем штучного і природного освітлення, що забезпечують необхідні значення кількісних і якісних параметрів освітлення.

У промисловому освітленні ефективність систем освітлення визначається продуктивністю праці, зоровою працездатністю, заданою вірогідністю правильного рішення зорової задачі та видимістю об'єктів.

Цілями нормування штучного і природного освітлення є створення світлового середовища, що забезпечує комфортні і безпечні умови праці, безпечне пересування пішоходів і транспорту, ефективне функціонування систем відеоспостереження і відеозйомки, здійснення технологічних процесів, вирощування рослин, утримування тварин і так далі.

Нормованою освітленістю є найменш допустима освітленість у «найгірших» точках робочої поверхні перед наступною черговою очисткою світильників. Значення цієї освітленості встановлюють в залежності від характеру зорової роботи, розмірів об'єкта різниці, фону і контрасту об'єкта з ним, виду і системи освітлення, типу джерела світла. Норми освітленості зазначено в галузевих нормативах ДБН В.2.5-28-2018. [3]

Значення нормованої освітленості для виробничих та адміністративно-побутових приміщень будівель-об'єктів в проекті наведено в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Значення нормованої освітленості для вибраних будівель-об'єктів

№	Призначення приміщення	Площа, м ²	Нормована освітленість, лк	Площина
1	2	3	4	5
1	Механічно-складальний цех	360	300	Г - 0,8
2	Ковальсько-пресовий цех	144	300	Г - 0,8
3	Інструментально-заготівельний цех	144	300	Г - 0,8
4	Кабінет майстра	13,5	300	Г - 0,8
5	Коридор	18	75	Г - 0,0
6	Інструментальна кладова	27	75 200	В - 2,0 Г - 0,0
7	Санвузли	3,5	75	Г - 0,0

4.7 Вибір системи освітлення. Розрахунок кількості світильників в середовищі програми RELUX

Розрахунок необхідної кількості світильників в системі освітлення для виробничих ділянок та адміністративно-побутових приміщень здійснюємо в пакеті RELUX-2019. Результати візуалізації моделей зведено в листах креслення 1-6.

Згідно особливостей технологічного процесу та особливостей зорової роботи, а також виходячи того, що силові споживачі розміщені майже рівномірно по РП та площині робочого простору приміщень, застосовується система освітлення з рівномірним розміщенням світильників під стелею. Для робочих поверхонь забезпечується рівномірне освітлення для виконання процесів з необхідною точністю та рівнем зорового навантаження (див.Рис.4.7).

Отримані дані та відповідність їх нормам [3], для проектованої моделі освітлення робочих площин виробничих приміщень зводимо в таблицю 4.9.

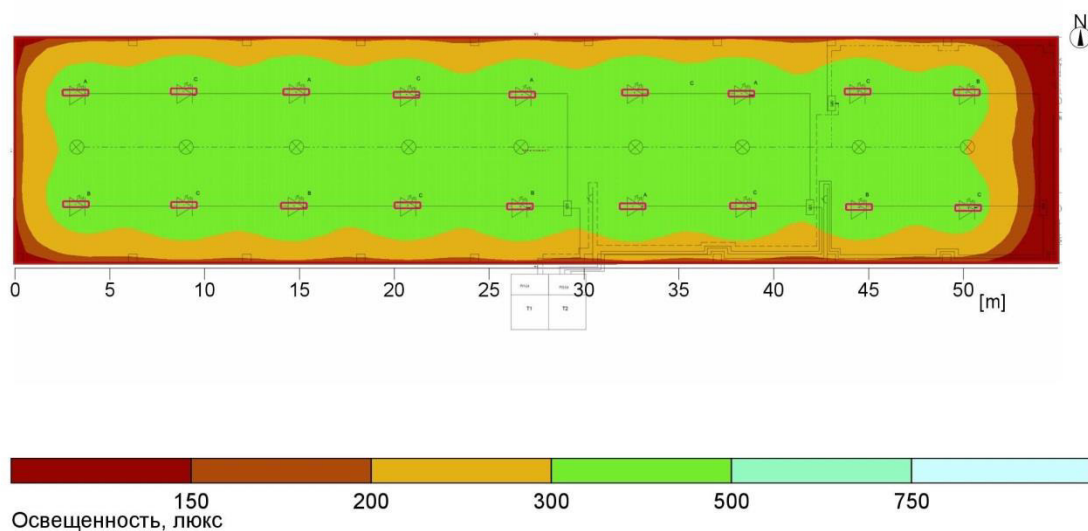


Рисунок 4.7 – Розподіл освітленості виробничих приміщень цехів

Таблиця 4.9 – Дані RELUX рівня освітленості виробничих приміщень

Тип поверхні	E_m , лк	E_{min} , лк	E_{min}/E_m (U_0)	E_{min}/E_{max} (U_d)	Головні поверхні	E_m , лк	U_0
горизонтальна	299	84	0,28	0,22	Дах	56	0,34
					Стіна 1	127	0,17
					Стіна 2	78	0,30
					Стіна 3	133	0,17
					Стіна 4	128	0,27

Отримані дані та відповідність їх нормам [3], для проєктованих моделей освітлення площин адміністративно-побутових приміщень зводимо в таблиці 4.10–4.14. Візуалізацію даних рівня та рівномірності освітленості зображаємо розподілом ізоліній (див.Рис.4.8).

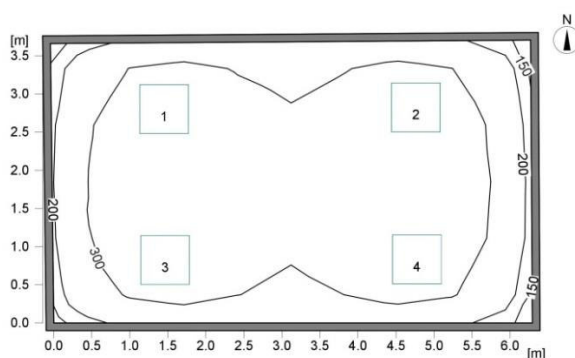


Рисунок 4.8 – Зображення ізоліній освітленості кабінету майстра

Таблиця 4.10 – Дані RELUX рівня освітленості кабінету майстра

Середня освітленість E_m , лк	319
Мінімальна освітленість E_{min} , лк	232
Максимальна освітленість E_{max} , лк	387
Рівномірність U_0	1:1,38 (0,73)
Рівномірність U_d	1:1,67 (0,60)

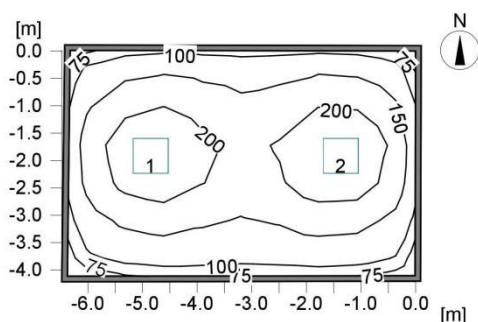


Рисунок 4.9 - Зображення ізоліній освітленості коридору

Таблиця 4.11 – Дані RELUX рівня освітленості коридору

Середня освітленість E_m , лк	165
Мінімальна освітленість E_{min} , лк	92
Максимальна освітленість E_{max} , лк	246
Рівномірність U_0	1:1,80 (0,56)
Рівномірність U_d	1:2,68 (0,37)

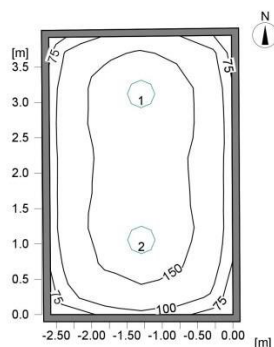


Рисунок 4.10 - Зображення ізоліній освітленості інструментальної кладової

Таблиця 4.12 - Дані RELUX рівня освітленості інструментальної кладової

Середня освітленість E_m , лк	144
Мінімальна освітленість E_{min} , лк	92
Максимальна освітленість E_{max} , лк	198
Рівномірність U_0	1:1,56 (0,64)
Рівномірність U_d	1:2,15 (0,47)

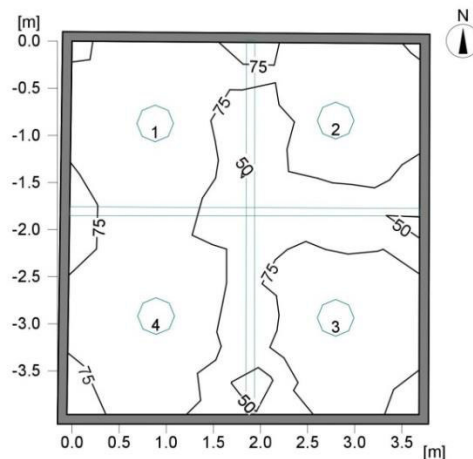


Рисунок 4.11 - Зображення ізоліній освітленості приміщень санвузлів

Таблиця 4.13 - Дані RELUX рівня освітленості приміщень санвузлів

Середня освітленість E_m , лк	79,7
Мінімальна освітленість E_{min} , лк	51,6
Максимальна освітленість E_{max} , лк	98,8
Рівномірність U_0	1:1,42 (0,70)
Рівномірність U_d	1:1,76 (0,57)

Для освітлення комплексу приміщень використовуються світлові прилади задані в підрозділі 4.5 даного проекту.

Потужність, яка споживається освітлювальною установкою, згідно розрахунку даного проекту в пакеті RELUX, становить:

$$\sum P_{OU} = \sum (P_{ц} + P_{к.м.} + P_{к} + P_{і.к.} + P_{санв.}) = (1,98 + 0,132 + 0,066 + 0,036 + 0,072) = 2,286 \text{ кВт} \quad (4.13)$$

4.8 Аварійне освітлення

Для забезпечення аварійного освітлення виробничих та адміністративно-побутових приміщень комплексу встановлюються світлові прилади типу URAN-6523 (див.Рис.4.12) від виробника Lighting Technologies.



Рисунок 4.12 – Загальний вигляд моделі світильників URAN-6523

Характеристики освітленості приміщень та встановлених СП зведено в таблицях 4.14-4.18 та на рисунках (див.Рис.4.12).

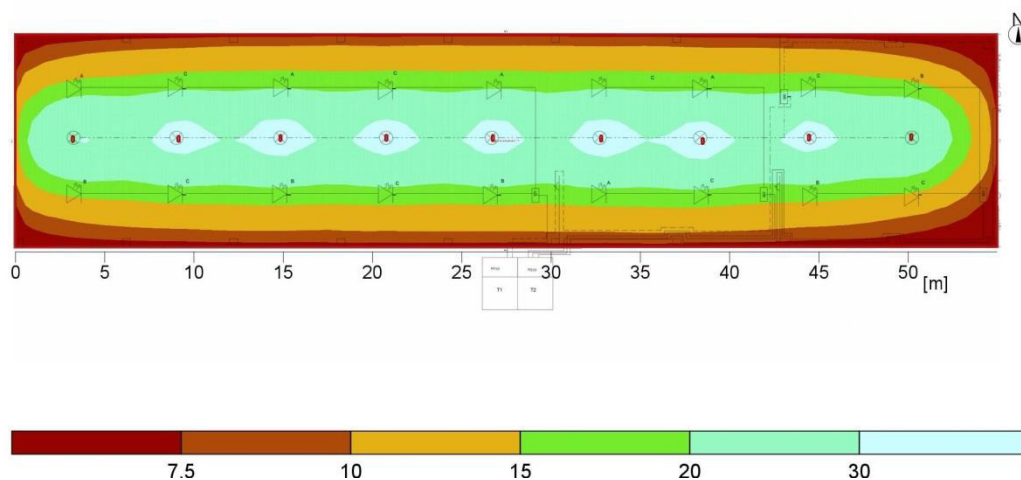


Рисунок 4.13 – Розподіл освітленості аварійного освітлення виробничих приміщень секторів

У виробничих приміщеннях встановлено світильники аварійного освітлення URAN-6523-20 з лампами 1xFL 20W/ 2000 лм.

Дані рівня освітленості використовуємо із проектування аварійного освітлення для даного проекту в пакеті RELUX.

Таблиця 4.14 - Дані RELUX рівня освітленості аварійного освітлення цехів

Тип поверхні	E_m , лк	E_{min} , лк	E_{min}/E_m (U_0)	E_{min}/E_{max} (U_d)	Головні поверхні	E_m , лк	U_0
горизонтальна	17,2	4,4	0,26	0,14	Дах	6,41	0,44
					Стіна 1	8,45	0,63
					Стіна 2	10,7	0,61
					Стіна 3	8,79	0,62
					Стіна 4	13,5	0,48

Для встановлення аварійного освітлення у кабінеті майстра використовуємо світильники аварійного освітлення URAN-6523-8 з лампами 1xFL 13W/ 1150 лм.

Таблиця 4.15 - Дані RELUX рівня освітленості аварійного освітлення кабінету майстра

Тип поверхні	E_m , лк	E_{min} , лк	E_{min}/E_m (U_0)	E_{min}/E_{max} (U_d)	Головні поверхні	E_m , лк	U_0
горизонтальна	17,2	4,4	0,26	0,14	Дах	6,41	0,44
					Стіна 1	8,45	0,63
					Стіна 2	10,7	0,61
					Стіна 3	8,79	0,62
					Стіна 4	13,5	0,48

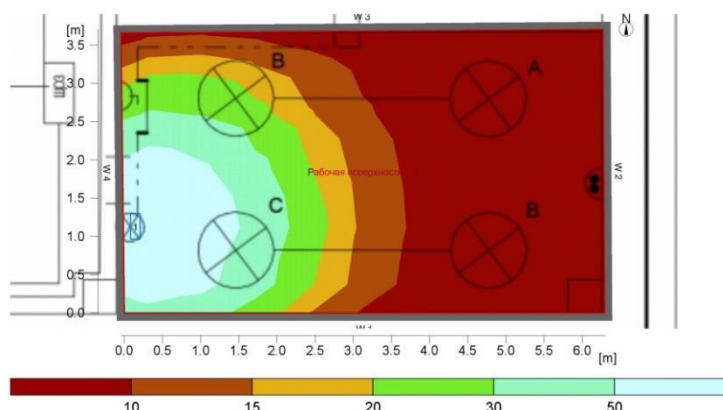


Рисунок 4.14 - Розподіл освітленості аварійного освітлення кабінету майстра

Для встановлення аварійного освітлення у коридорах та приміщенні інструментальної кладової використовуємо аналогічні світильники аварійного освітлення URAN-6523-8 з лампами 1xFL 13W/ 1150 лм.

Таблиця 4.16 - Дані RELUX рівня освітленості аварійного освітлення коридору

Тип поверхні	E_m , лк	E_{min} , лк	E_{min}/E_m (U_0)	E_{min}/E_{max} (U_d)	Головні поверхні	E_m , лк	U_0
горизонтальна	18,5	3,6	0,20	0,04	Дах	8,48	0,33
					Стіна 1	15,1	0,23
					Стіна 2	7,16	0,77
					Стіна 3	8,34	0,47
					Стіна 4	4,11	0,09

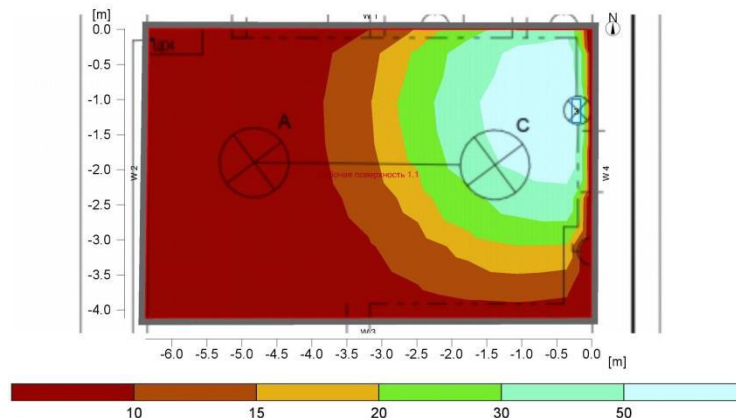


Рисунок 4.15 - Розподіл освітленості аварійного освітлення коридору

Таблиця 4.17 - Дані RELUX рівня освітленості аварійного освітлення інструментальної кладової

Тип поверхні	E_m , лк	E_{min} , лк	E_{min}/E_m (U_0)	E_{min}/E_{max} (U_d)	Головні поверхні	E_m , лк	U_0
горизонтальна	39,4	11	0,28	0,13	Дах	17,2	0,36
					Стіна 1	26,8	0,44
					Стіна 2	29,5	0,55
					Стіна 3	47,6	0,14
					Стіна 4	14,9	0,53

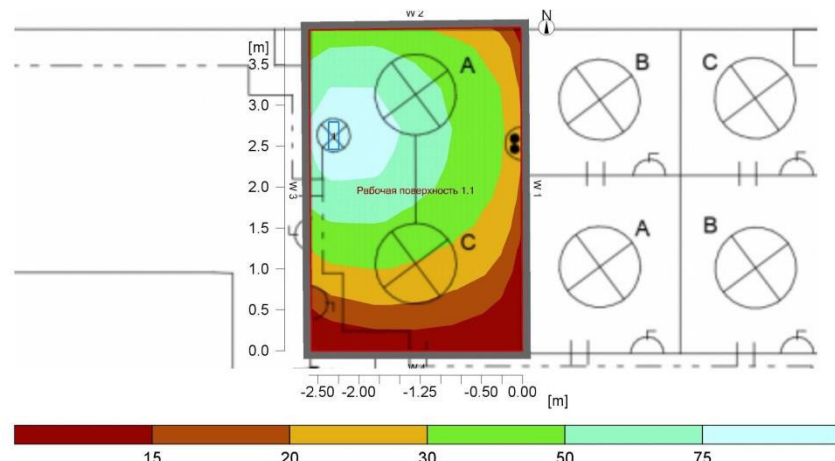


Рисунок 4.16 - Розподіл освітленості аварійного освітлення інструментальної кладової

Потужність, яка споживається аварійним освітленням, згідно розрахунку даного проекту в пакеті RELUX, становить:

$$\sum P_{AO} = \sum (P_{AO_{ц.}} + P_{AO_{к.м.}} + P_{AO_{к.}} + P_{AO_{і.к.}}) = (0,180 + 0,013 + 0,013 + 0,013) = 0,219 \text{ кВт} \quad (4.14)$$

Сумарна потужність, яка затрачається на освітлювальну установку та аварійне освітлення комплексу даного проекту становить:

$$\sum P = \sum (P_{OV} + P_{AO}) = (2,286 + 0,219) = 2,505 \text{ кВт} \quad (4.15)$$

На основі отриманих з розрахунків даних вибираємо кабель живлення для щитків освітлення:

$$I_{щ01} = \frac{P_{щ0}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi} = \frac{2,505}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,91} = 4,175 \text{ А} \quad (4.16)$$

Згідно Додатків Г, Д вибираємо кабель АВВГ-1-4×2,5 із значенням $I_{дон} = 19 \cdot 0,92 = 17,48 \text{ А}$.

Висновки до розділу 4:

Проведено розрахунок навантажень та потужності розподільчих пунктів. Розраховано потужності окремих силових споживачів, які не входять в розподільчі пункти. Двома способами, для точності та перевірки похибки розбіжності результатів здійснено розрахунки центру електричних навантажень цехів. Здійснено вибір світлових приладів згідно за використання плагінів Lighting Technologies. Описано характеристики вибраних світлових приладів із зазначенням типів використаних джерел світла, кривих сили світла, світлорозподілу, габаритів та значень кута падіння променів. Проаналізовано та зазначено відповідність значень нормованого освітлення об'єкта нормам ДБН В 2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення». Здійснено повний розрахунок системи освітлення комплексу об'єкта в пакеті RELUX. Подано результати та моделі візуалізації проектування освітлювальної установки із зазначенням світлорозподілу на розрахункових ділянках. Подано рівні розподілу ізоліній освітленості. Здійснено розрахунок аварійного освітлення об'єкта в пакеті RELUX. Подано характеристики світлових приладів аварійного освітлення. Здійснено розрахунок сумарної потужності, споживаної освітлювальною установкою. Проведено вибір кабелів живлення щитків освітлення.

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Аналіз переваг та ефективності програми світлотехнічного розрахунку та 3D-моделювання RELUX

Вибір правильного програмного забезпечення при здійсненні світлотехнічних розрахунків є запорукою успішних результатів проектування освітлювальної установки.

Програма RELUX є частково платною розробкою швейцарської компанії Relux Informatik AG. Повний пакет включає внутрішні підпрограмні плагіни для візуалізації трасування променів та плагіни для спільної роботи з програмами DiaLux та AutoCAD. Для розширення можливостей моделювання освітлення об'єктів можлива додаткова інтеграція плагінів-каталогів з підтримкою файлів типу .ies та .ldt. Для нашого випадку додатково встановлюється плагін Lighting Technologies (див.Рис.5.2) з повним переліком світлових приладів, їх характеристик та кривих сили світла.



Рисунок 5.1 – Логотип програми RELUX beta 2019

Для створення геометрії проекту доступна панель інструментів для 3D режиму відтворення. Для зручності відтворення плану приміщення використовується опція імпорту файлу фону чи фонові підкладки зображення з розширенням .wmf. Масштаб фонового зображення встановлюється в опції «Зображення -> Зображення заднього плану -> Масштаб встановити». Встановлення нульової точки здійснюється наступним шляхом: «Зображення -> Зображення заднього плану -> Нульова точка встановити». Додатково для зручності можна ввімкнути сітку прив'язки. Встановлюючи зручні величини сітки слід пам'ятати, що об'єкти будуть прив'язані до вузлів сітки, тому слід

звертати уваги на встановлення первинної ширини растру. Змінювати формат образу приміщення з прямокутного в багатокутне можна за допомогою правої клавіші миші в активному вікні та вибором потрібної опції зміни типу. Після цього слідує за контуром додаються необхідні точки плану.

Бібліотеки матеріалів, площин та текстур доступні в розділі менеджера проекту «Матеріали». Скориставшись кнопкою «Матеріал/Текстура», в правому кутку вікна будуть доступні фотометричні характеристики вибраного матеріалу, зокрема колір (Color), середній коефіцієнт відбивання (Rho) та відбиваючі властивості обраного матеріалу площини (Surfacefinish). Список стандартних матеріалів можна розширити способом: «Add -> Select materials» та вибрати потрібні матеріали з списків Basic Material (створення стандартних дифузних матеріалів без текстур (Diffus) та створення дифузних матеріалів з можливістю вибору типу текстури з файлу .jpeg, .bmp, gif.). Vision materials – бібліотека готових текстур і матеріалів з фотометричними властивостями, призначених для подальшого трасування променів при візуалізації. В цьому розділі створюються складні комплекси матеріалів під візуалізацію. В закладках «Favorites» та «Last time used» зберігаються останні застосовані в проектах типи вибраних текстур та матеріалів.

Для вводу розрахункових площин переходимо в розділ «Об'єкти -> Вимірювані елементи» та обираємо віртуальні розрахункові поверхні. Стандартно площина має прямокутну форму, яку можна змінити клікнувши мишею по вибраному об'єкту та перейти в вікно розділу характеристик. В закладці «Розрахунок» встановлюються параметри розрахунку світлових характеристик по вибраній площині. В цьому ж розділі встановлюється горизонтальна освітленість.

Для використання плагінів та бібліотек світлових приладів, в менеджері проекту переходимо в закладку «Об'єкти -> Світильники -> Додати». Серед впливаючого вікна вибору світильників виділяємо вкладку «Окремий світильник». Необхідно вказати шлях до файлу або перейти в меню окремого плагіна (в нашому випадку Lighting Technologies).(див.Рис.5.2)



Рисунок 5.2 – Логотип Lighting Technologies

В програмі передбачено швидке розміщення однотипних світлових приладів, тому їх можна розміщувати як лінійно, так і в круговому порядку, рівномірно та з відображення один до одного. Для цього достатньо перетягнути мишею вибрані світильники з вікна менеджера проєкта на план.

Передбачено також спосіб Zonal Cavity (див.Рис.5.4), який при використанні надає пропонований перелік елементів для встановлення, виходячи з потреби зазначеної потужності, освітленості, способу монтажу та коефіцієнта запасу. Спосіб доступний в розділі «Світильники» на вкладці «EasyLux».

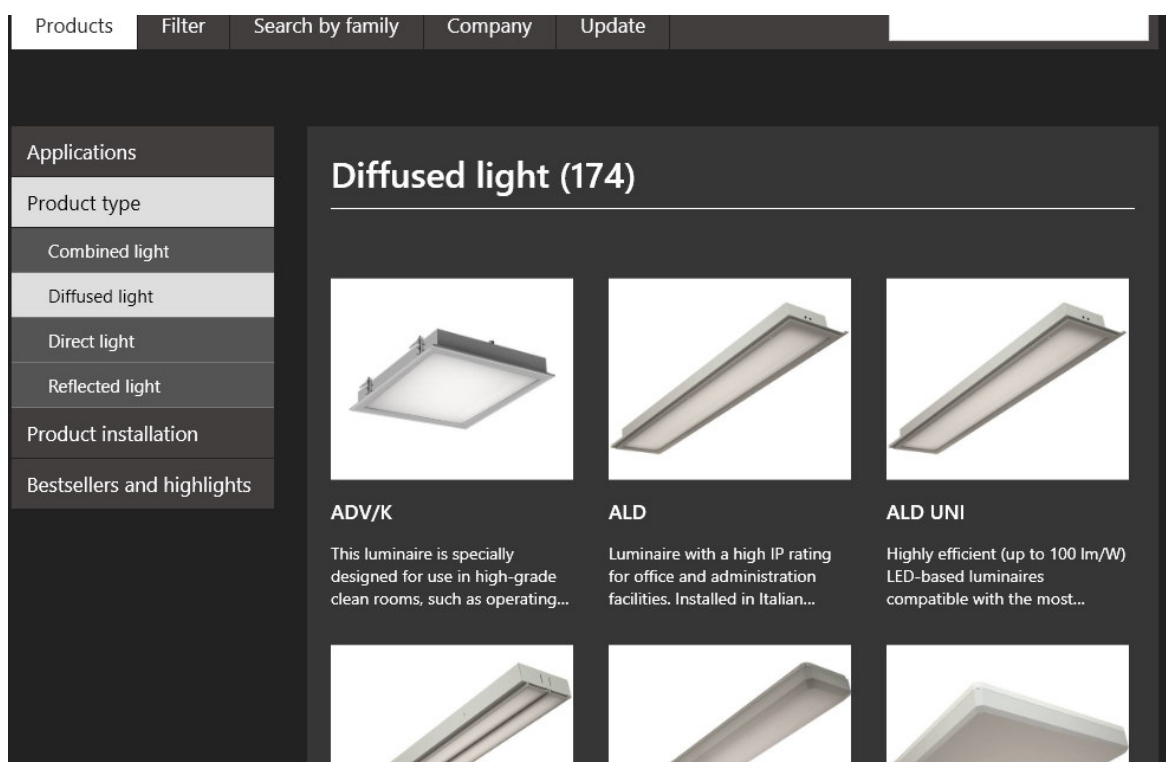


Рисунок 5.3 – Інтерфейс плагіну Lighting Technologies для попереднього перегляду груп світлових приладів та інформації

Після перевірки коректності геоментрій та розставлення об'єктів меблів чи устаткування (за потребою) автоматично відображається інформація про зіткнення та коректність побудови сцени. Для початку розрахунку переходимо в розділ «Розрахунок» та виставляємо відмітки на вкладці розрахунку штучного освітлення для обраних світильників (природне освітлення в даній роботі не розглядається). Вікно настройки розрахунку дозволяє вибрати один з чотирьох коефіцієнтів точності розрахунку. Встановивши параметри віртуального спостереження також можна отримати дані про оцінку засліплення та показник дискомфорту сприйняття.

Для аналізу та виводу результатів переходимо в розділ «Вихідні дані». Програма RELUX надає результати розрахунку освітлення з вказуванням даних світлових приладів, креслення горизонтальної проекції, огляду результатів всіх площин поверхонь, 3D-моделі псевдокольорів, показників освітленості та ізоліній. Оформлення здійснюється експортуванням даних в pdf-файл, а також з можливістю витягу окремих характеристик в середовищі програми в окремі pdf-файли з візуалізацією.

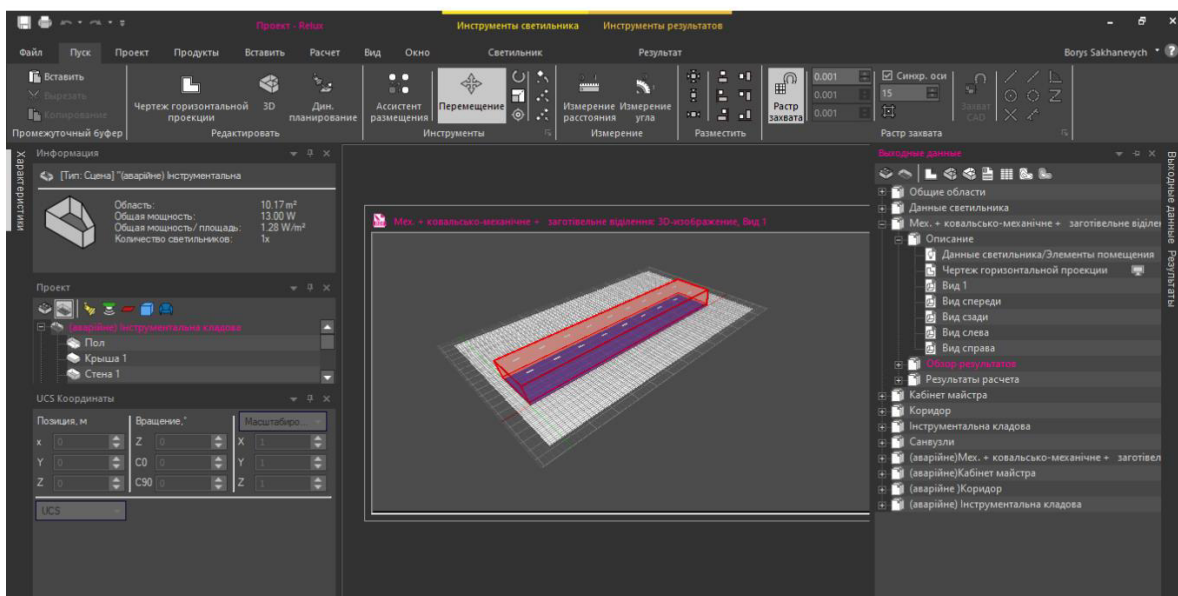


Рисунок 5.4 – Інтерфейс програми RELUX в режимі 3D-моделювання освітлення

RELUX – сучасна програма для проведення точних розрахунків та моделювання освітлення. Пакет дозволяє проводити необхідні етапи побудови і розрахунку освітлювальної установки для різних типів приміщень. Етапи роботи включають повний цикл проектування, зокрема встановлення геометрії приміщень, вибір та встановлення світлових приладів та розрахунок ефективності освітлення з аналізом отриманих показників та характеристик.

5.2 Аналіз переваг та ефективності програми моделювання КОМПАС-3D

«КОМПАС» (Комплекс Автоматизованих систем конструкторсько-технологічного проектування) – система автоматизованого проектування та підготовки до виробництва російської фірми «Аскон».

КОМПАС-3D широко зарекомендувала себе, як система тривимірного моделювання твердих тіл, давно відома в Україні та Східній Європі загалом.

Система КОМПАС 3D – це інтерактивний графічний редактор з інтерфейсом, оснащеним інструментальними засобами, які дозволяють створювати твердотілі об'єкти з використанням набору елементарних параметричних тіл (паралелепіпед, циліндр, просторові твердотілі та каркасні моделі об'єктів (деталей, вузлів, виробів, будівель і т.п) при виконанні проектно-конструкторських, технологічних та дизайнерських робіт в машинобудуванні, приладобудуванні, будівництві, архітектурі).

Відповідно до запитів ринку - КОМПАС-3D з самого початку створювався компанією АСКОН як модульний продукт, що надає користувачеві самостійно, на підставі власних потреб та бюджету вирішувати питання про склад і функціональності робочої системи.

Унікальні можливості для отримання конструкторської та технологічної документації прямо з трьох вимірної моделі, а також функція випуску різноманітних специфікацій, відомостей і характеристик моделі практично в будь-якому розповсюдженому форматі, від електронних таблиць, текстових

документів до набору інструкцій для верстатів з ЧПК, робить програмний комплекс КОМПАС-3D особливо популярним для переважної більшості виробничих підприємств України. І все це завдяки не тільки наявності власного розрахункового математичного ядра, параметричних технологій і повної інтеграції з усіма популярними CAD / CAM / CAE системами, а й постійного розвитку та модернізації інтерфейсу, впровадженню новітніх програмних блоків, покликаних оптимізувати і спростити роботу клієнтів.

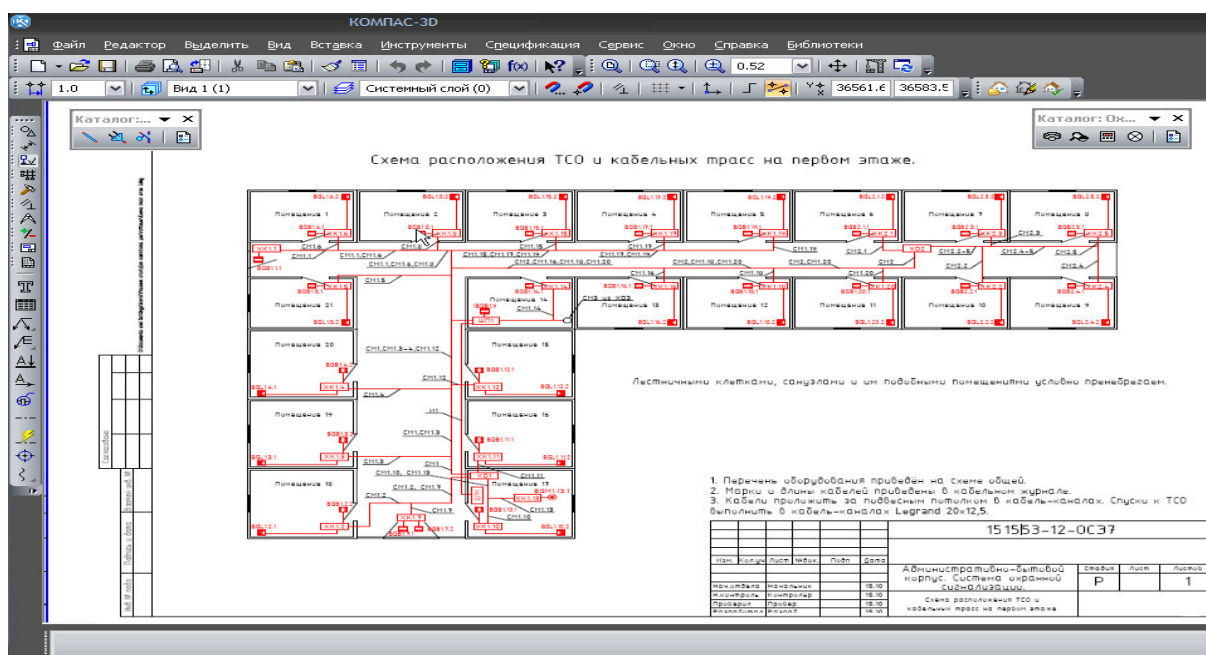


Рисунок 5.5 – Интерфейс программы КОМПАС-3D

Програма як універсальна система знаходить застосування для ефективного вирішення різноманітних завдань архітектурно-будівельного та технологічного проектування. Потужний функціонал дозволяє працювати над проектами різного спрямування та складності, від створення моделей до повних складних планів, схем та конструкцій. Система передбачає використання інструментів для роботи з побудовою конструкцій та моделей по принципу «зверху-вниз» для зручності проектування машинобудівних та приборобудівних проектів, а також для роботи за класичним підходом моделювання «знизу-вгору».

Висновки до розділу 5:

Обґрунтовано переваги та ефективність використання пакетів комп'ютерних програм моделювання освітлення. Запропоновано використання відповідних плагінів для розширення вибору світлових приладів та аналізу їх характеристик. Розглянуто приклади інтерфейсу середовищ програм при прямому їх застосуванні в моделюванні даного проекту.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Фізичний і моральний знос. Амортизація, модернізація і ремонт основних фондів

Економічна сутність зносу ОФ полягає в поступовій втраті ними своєї споживчої і мінової вартості з поступовим перенесенням останньої на продукт. Ступінь зносу визначає ту долю вартості основних фондів, яка уже перенесена на раніше випущену продукцію.

Основні фонди зазнають фізичного і морального зносу. Фізичний знос – це матеріальний знос в результаті дії експлуатаційних факторів і впливу зовнішнього середовища. Моральний знос – це старіння в часовому інтервалі моделей основного обладнання, систем управління тощо.

На інтенсивність фізичного зносу впливає ряд факторів:

- ступінь завантаження засобів праці. В енергетиці вона визначається числом годин використання встановленої потужності;
- якість виготовлення і монтажу основного і допоміжного обладнання. Особливістю цього є співпадіння в часі виробництва і споживання енергії, робота вузлів тепломеханічного обладнання в складних умовах (високі температури, кавітація, зольність, кислотність тощо);
- ступеня захисту ОФ від впливу атмосферних та інших зовнішніх факторів;
- технічний рівень експлуатації, якість ремонтів, своєчасність їх проведення.

В процесі морального зносу основні фонди старіють і стають економічно все менш ефективними внаслідок технічного прогресу, росту продуктивності праці, нових вимог до охорони праці та довкілля. В результаті технічного прогресу, починаючи із певного періоду часу, подальше використання фізично ще придатних до експлуатації, але морально застарілих засобів праці, стає економічно не вигідним. В зв'язку із цим розрізняють фізичний і економічний

терміни служби фондів, які визначаються, відповідно, темпами фізичного і морального зносу.

Фізичний знос частково компенсується за допомогою капітальних ремонтів. Дія знецінення морального зносу може бути ослаблена з допомогою модернізації і реконструкції. На практиці капремонта супроводжуються реконструюванням. В таких випадках вони компенсують не тільки фізичний, але й моральний зноси.

В енергетиці, так як і в промисловості, використовуються два основних види планово-попереджувальних ремонтів: поточний і капітальний. Для енергоблоків і котлів ТЕС в період між капремонтами допускається проведення середніх ремонтів (40% в часі від капремонтів). Поточні ремонти проводяться за рахунок експлуатаційних розходів, мають періодичність менше одного року і не збільшують капітальної вартості ОФ. Середній ремонт агрегатів здійснюється з умовою відновлення ресурсу вузлів, термін служби яких менший часу між двома капремонтами.

Капітальний ремонт обладнання здійснюється з метою відновлення справності і забезпечення його надійної та економічної експлуатації. Капремонта проводяться за рахунок спеціальної частини амортизаційних відчислень і підвищують відновну вартість фондів.

Періодичність ремонтів регламентується правилами технічної експлуатації електричних станцій і сіток та діючими в їх розвиток нормами.

Для прикладу частота проведення ремонтів:

- для енергоблоків - 1 раз в 3-4 роки;
- для пароустановок - АЕС 1 раз в 4 роки;
- для котлів - 1 раз в 3-4 роки;
- для турбін і генераторів ($N > 100$ мВт) - 1 раз в 3-4 роки.

Амортизаційні відрахування – це грошові засоби, призначені для повної заміни фізичного і морального зношених основних фондів і часткового відновлення їх вартості в процесі експлуатації.

Прискорена амортизація основних фондів веде до швидшої їх заміни і тим самим стимулює технічний прогрес, але при цьому знижується прибуток. Щоб не допустити зниження рентабельності, в державах з ринковою економікою практикується законодавче зменшення суми прибутків, які обкладаються податком, на величину витрат, пов'язаних з амортизацією.

Амортизація основних засобів (окрім інших необоротних матеріальних активів) нараховується із застосуванням таких методів:

- прямолінійного, за яким річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується, на строк корисного використання об'єкта основних засобів;

- зменшення залишкової вартості, за яким річна сума амортизації визначається як добуток залишкової вартості об'єкта на початок звітного року або первісної вартості на дату початку нарахування амортизації та річної норми амортизації. Річна норма амортизації (у відсотках) обчислюється як різниця між одиницею та результатом кореня ступеня кількості років корисного використання об'єкта з результату від ділення ліквідаційної вартості об'єкта на його первісну вартість;

- прискореного зменшення залишкової вартості, за яким річна сума амортизації визначається як добуток залишкової вартості об'єкта на початок звітного року або первісної вартості на дату початку нарахування амортизації та річної норми амортизації, яка обчислюється відповідно до строку корисного використання об'єкта і подвоюється. Метод прискореного зменшення залишкової вартості застосовується лише при нарахуванні амортизації до об'єктів основних засобів, що входять до груп 4 (машини та обладнання) та 5 (транспортні засоби);

- акумулятивного, за яким річна сума амортизації визначається як добуток вартості, яка амортизується, та кумулятивного коефіцієнта. Кумулятивний коефіцієнт розраховується діленням кількості років, що залишаються до кінця строку корисного використання об'єкта основних засобів, на суму числа років його корисного використання;

- виробничого, за яким місячна сума амортизації визначається як добуток фактичного місячного обсягу продукції (робіт, послуг) та виробничої ставки амортизації. Виробнича ставка амортизації обчислюється діленням вартості, яка амортизується, на загальний обсяг продукції (робіт, послуг), який підприємство очікує виробити (виконати) з використанням об'єкта.

Варто звернути увагу, що до 01.01.2011р. існував податковий метод, (згідно з Законом України «Про податок на прибуток») суть якого полягає в тому що основні засоби поділені на групи, для кожної з яких визначена норма амортизації у відсотках. Цей метод використовувався для визначення амортизаційних витрат при обчисленні податку на прибуток.

Модернізація основних засобів передбачає удосконалення діючого устаткування з метою запобігання техніко-економічного старіння та підвищення техніко-експлуатаційних параметрів до рівня сучасних вимог виробництва.

Роботи з модернізації, а також добудови і дообладнання спрямовані на зміну технологічного або службового призначення устаткування, будівлі, споруди чи іншого об'єкта амортизованих основних засобів, підвищеними навантаженнями і (або) іншими якостями.

Модернізація може проводитися в ході капітального ремонту, зокрема, при заміні труб підземних мереж, опор мостів, заміни складових частин об'єкта основних засобів, що мають різний термін корисного використання. При цьому витрати на модернізацію та реконструкцію об'єкта основних засобів повинні здійснюватися тільки за рахунок прибутку, і після їх закінчення можуть збільшувати первісну вартість такого об'єкта, якщо в результаті модернізації і реконструкції поліпшуються (підвищуються) спочатку прийняті нормативні показники його функціонування (строк корисного використання, потужність, якість застосування).

Облік витрат, пов'язаних з модернізацією і реконструкцією (включаючи витрати з модернізації об'єкту, здійснюваної під час капітального

ремонту) об'єктів основних засобів, ведеться в порядку, встановленому для обліку капітальних вкладень.

Модернізація від ремонту відрізняється тим, що, по-перше, в її результаті поліпшуються (підвищуються) спочатку прийняті нормативні показники функціонування (строк корисного використання, потужність, якість тощо) об'єктів основних засобів, по-друге, витрати на модернізацію відносяться на збільшення вартості основних засобів (тобто вони не можуть відноситися на собівартість продукції).

Таким чином, різниця між ремонтом та іншими видами відновлення об'єктів основних засобів полягає в тому, що всі види ремонту відносяться до поточних витрат, а реконструкція та модернізація – до капітальних. Це і визначає особливості відображення в бухгалтерському обліку витрат, що здійснюються у зв'язку з проведенням реконструкції та модернізації основних засобів.

Витрати, що здійснюються при ремонті, а також модернізації об'єкта основних засобів, відображаються на підставі відповідних первинних облікових документів з обліку операцій відпуску (витрат) матеріальних цінностей, нарахування оплати праці, заборгованості постачальникам за виконані роботи з ремонту та інших витрат.

6.2 Оцінка економічної ефективності переходу з ЛР на LED-джерела світла. Розрахунок затрат на реалізацію проекту

Для первинної оцінки переваг LED-джерел світла над застарілими та малоефективними лампами розжарювання скористаємось розрахунком економічного ефекту заміни джерел світла ЛР на світлодіодні лампи.

Для розрахунку приймаємо дані з таблиці 6.1, де характеристики ламп розжарювання порівняємо з фактично еквівалентними за світловим потоком світлодіодними лампами.

Таблиця 6.1 – Характеристики джерел світла для оцінки економічного ефекту

$P_{дс},$ Вт		$\tau,$ год		Ціна, грн		Тариф $q,$ грн/кВт·год
ЛР	LED	ЛР	LED	ЛР	LED	
120	18	1000	55000	9	108	1.68

6.2.1 Визначаємо вартість електричної енергії, яка буде спожита джерелами світла за $\tau = 55\,000$ год.:

- лампи розжарення

$$C_{ел} = P_{ЛР} \cdot \tau_{LED} \cdot q = 0,12 \cdot 55000 \cdot 1,68 = 11088 \text{ грн} \quad (6.1)$$

- LED-лампи

$$C_{ел} = P_{LED} \cdot \tau_{LED} \cdot q = 0,018 \cdot 55000 \cdot 1,68 = 1663,2 \text{ грн} \quad (6.2)$$

6.2.2 Визначаємо необхідну кількість ламп розжарювання, потрібних для забезпечення освітленості на протязі терміну служби однієї світлодіодної лампи:

$$n = \frac{\tau_{LED}}{\tau_{ЛР}} = \frac{55000}{1000} = 55 \text{ шт.} \quad (6.3)$$

6.2.3 Визначаємо витрати пов'язані з заміною перегорілих ЛР на протязі зазначеного терміну служби:

$$C_{ЗМ} = (n - 1) \cdot \text{ціна}_{ЛР} = 54 \cdot 9 = 486 \text{ грн} \quad (6.4)$$

6.2.4 Визначаємо загальні витрати на обслуговування ламп:

$$C_{ЛР} = C_{ел} + \text{ціна}_{ЛР} \cdot n + C_{ЗМ} = 11088 + 55 \cdot 9 + 486 = 12069 \text{ грн} \quad (6.5)$$

$$C_{LED} = C_{ел} + \text{ціна}_{LED} \cdot n + C_{ЗМ} = 1663,2 + 108 \cdot 1 + 0 = 1771,2 \text{ грн} \quad (6.6)$$

6.2.5 . Визначаємо величину економії від впровадження LED замість ЛР:

$$\Delta C = C_{LP} - C_{LED} = 12069 - 1771,2 = 10297,8 \text{ грн} \quad (6.7)$$

6.2.6 Враховуючи доцільність та величину економії переходу на LED-освітлення (14,7%), на основі даних світлотехнічного розрахунку в програмі RELUX та даних про характеристики світлових приладів (див.Додатки 4,5), складаємо кошторис проекту освітлювальної установки. Дані зведено в таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 – Кошторис проекту освітлювальної установки

Приміщення	Тип світильника	Тип лампи	Кількість, шт	Ціна (за одиницю), грн	Разом грн
Механічно-складальний цех	LB/S C ECO LED 140 5000K	1xLED 110W/ 15400 лм	10	3084,10	30841
Ковальсько-пресовий цех	LB/S C ECO LED 140 5000K	1xLED 110W/ 15400 лм	4	3084,10	12336,4
Інструментально-заготівельний цех	LB/S C ECO LED 140 5000K	1xLED 110W/ 15400 лм	4	3084,10	12336,4
Кабінет майстра	AOT.OPL ECO LED 600 4000K	1xLED 33W/ 3350 лм	4	2224,15	8896,6
Коридор	AOT.OPL ECO LED 600 4000K	1xLED 33W/ 3960 лм	2	2224,15	4448,3
Інструментальна кладова	CD LED 18 MS 3000K	1xLED 18W/ 1650 лм	2	1473,50	2947
Санвузли	CD LED 18 MS 3000K	1xLED 18W/1650лм	4	1473,50	5894

6.2.7 Додатковий кошторис на аварійне освітлення зведено в таблицю 6.3:

Таблиця 6.3 – Кошторис аварійного освітлення

Приміщення	Тип світильника АО	Тип Лампи АО	Кількість, шт	Ціна (за одиницю), грн	Разом грн
Механічно-складальний цех	URAN 6523-20	1xFL 20W/ 2000 лм	5	2613,42	13067,1
Ковальсько-пресовий цех	URAN 6523-20	1xFL 20W/ 2000 лм	2	2613,42	5226,84
Інструментально-заготівельний цех	URAN 6523-20	1xFL 20W/ 2000 лм	2	2613,42	5226,84
Кабінет майстра	URAN 6523-8	1xFL 13W/ 1150 лм	1	2219,85	2219,85
Коридор	URAN 6523-8	1xFL 13W/ 1150 лм	1	2219,85	2219,85
Інструментальна кладова	URAN 6523-8	1xFL 13W/ 1150 лм	1	2219,85	2219,85
Санвузли	АО не передбачається				

6.2.8 Визначаємо вартість електричної енергії, яка буде спожита вказаними джерелами світла за термін служби світлового приладу $\tau = 55\ 000$ год, використовуючи сумарну споживану потужність на освітлення в цехах та адміністративно-побутовій прибудові:

$$C_{el} = \sum (P_{OV} + P_{AO}) \cdot \tau_{LED} \cdot q = (2,286 + 0,219) \cdot 55000 \cdot 1,68 = 231462 \text{ грн} \quad (6.8)$$

6.2.9 Просумувавши загальну вартість усіх встановлених світлових приладів, сумарну споживану потужність освітлювальною установкою за термін служби світлових приладів та потужність на аварійне освітлення отримуємо загальний кошторис на реалізацію проекту:

$$\sum K = C_{el} + C_{cn} = 231462 + 107880 = 339342 \text{ грн} \quad (6.9)$$

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Вплив умов освітленості на організм людини

Раціональний вибір освітлення на робочих зонах поверхонь та робочих місцях є ключовим фактором забезпечення сприятливих умов праці. При правильному підборі та розрахунку освітлення виробничих чи офісних приміщень, шкідливий вплив світла на зорове сприйняття є мінімальним, а так здатність працівника зберігають здатність розрізнення предметів, середовища та знарядь праці. Таким чином, правильні умови освітлення сприяють зниженню виробничого травматизму та захворювань зорового апарату при професійній діяльності.

Погане проектування освітлення виробничого середовища призводить до зниження показників якості роботи, сповільнюється виконання робочих процесів. Можуть виникати дефекти виробів чи збої в процесах, які потребують детального контролю та сконцентрованої зорової роботи. Звідси при процесах можуть залишатись непоміченими розриви матеріалів, домішки в сумішах, паливі, потертості, дефекти. При поганому чи недостатньому освітленні територій чи зон де потребується бути уважним, підвищується ризик важких та смертельних випадків бути непоміченим при наїздах техніки на проїздах чи опинитись на шляху самохідних приладів механізації.

Природне освітлення регламентується нормами ДБН В 2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» [3], які передбачають безпосереднє природне освітлення виробничих, адміністративних, підсобних і побутових приміщень.

Тривала відсутність природного (сонячного) світла має негативний психічний вплив на людину та сприйняття нею середовища.

Природне освітлення може не використовуватись у випадках коли персонал перебуває у приміщеннях короткочасно і де не відбувається спостереження за виробничими процесами: склади, підвальні приміщення,

комірні кімнати для знарядь. У цьому випадку використовується електричне штучне освітлення.

Недостатнє освітлення робочих місць призводить до низької продуктивності праці. При цьому очі працівників перебувають в напруженні, стає складно розрізнити оброблювані предмети і дрібні деталі, знижується темп роботи, погіршується загальний стан організму та зорового апарату зокрема.

Втома очей залежить від інтенсивності процесів, які відбуваються: акомодатії, конвергенції, адаптації.

Акомодатія – це здатність ока змінювати кривизну кришталика, для того, щоб ясно бачити предмети, що знаходяться на різних відстанях від нього. Стомлюваність м'язів, які керують кришталиком, може призвести до короткозорості і далекозорості.

Конвергенція – це здатність ока при розгляданні предметів, що близько знаходяться, приймати положення, при якому зорові промені перетинаються на закріпленому предметі.

Адаптація – це зміна чутливості ока залежно від яскравості освітлення. Адаптація обумовлена зміною діаметра зіниці. З цієї причини різка і часта зміна яскравості чи освітленості предметів, що викликають реадаптацію, призводить до стомлюваності органів зору.

До освітлення ставиться ряд вимог, а саме освітлення повинно бути:

- достатнім, щоб без зорового напруження чи дискомфорту розрізнити деталі, що розглядаються;
- стабільним (при цьому напруга електричної мережі повинна мати коливання не більше ніж 4%);
- розподіл освітлення на робочих поверхнях повинен бути рівномірним, щоб очі не отримували дискомфорт від переміщення концентрації погляду з дуже темного місця в дуже світле і навпаки;
- не чинити різку сліпучу дію на очі людини, як від самого джерела світла, так і від поверхонь відбивання світла, що знаходяться в полі зору;

- застосування світильників забезпечує зменшення рівня віддзеркалювання джерел світла;
- спрямування освітлення не повинно відкидувати видимі тіні предметів на робочих поверхнях, місцях проїзду та проходах. Цього досягають правильним проектуванням положень розташування світильників, проєкторів, світлових панелей, тощо. (стоянка, перони, переходи);
- безпечним – таким, що не призводить до вибухів, пожеж чи іскріння у виробничих приміщеннях. [27]

При експлуатації електричних освітлювальних мереж з світлодіодними світловими приладами враховано вищепоставлені вимоги до проектування освітлення.

7.2 Електрозахисні засоби та запобіжні пристосування

Електрозахисними засобами називаються вироби, що переносяться та перевозяться і служать для захисту людей, які працюють з електрообладнанням та установками, від ураження електричним струмом, від дії електричної дуги та електромагнітного поля.

Електрозахисні засоби за призначенням поділяються на: ізолювальні, огорожувальні та запобіжні.

Ізолювальні електрозахисні засоби призначені для ізоляції людини від частин електроустановок, що знаходяться під напругою, та від землі, якщо людина одночасно доторкається до землі чи заземлених частин електроустановок і струмопровідних частин чи металевих конструктивних елементів (корпусів), які опинились під напругою.

Поділяють також основні та додаткові ізолювальні електрозахисні засоби. До основних належать ті електрозахисні засоби, ізоляція яких протягом тривалого часу витримує робочу напругу електроустановки, і тому ними дозволяється доторкатись до струмопровідних частин електроустановки, що знаходяться під напругою: при роботі з електроустановками до 1000 В –

діелектричні рукавиці, ізолюючі штанги, інструменти з ізольованими ручками, електровимірювальні кліщі, ізолюючі кліщі, покажчики напруги;

Додаткові ізолювальні захисні засоби мають недостатні ізолювальні властивості, тому призначені лише для підсилення захисної дії основних засобів, разом з якими вони застосовуються.

До додаткових ізолювальних засобів належать: при роботі в електроустановках до 1000 В – діелектричні калоші, килимки, ізолювальні підставки.

Огороджувальні електрозахистні засоби (щити, ширми, екрани, плакати електробезпеки) призначені для захисту та інформування працівників, котрі проводять роботи в електроустановках, від випадкового дотику чи наближення на небезпечну відстань до струмопровідних частин, що перебувають під напругою, а також для тимчасового огороження входів/виходів у комори, камери та проходи в приміщення, куди вхід заборонений. [6]

При експлуатації електричних освітлювальних мереж та цехових електроустановок використано вищезазначені засоби захисту та запобіжні пристосування.

7.3 Протипожежні вимоги до улаштування та експлуатації електроустановок

Комплекс протипожежних заходів для виробничих приміщень об'єкту, розроблений згідно НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки України» [18]. Експлуатація освітлювальних електроустановок відповідає вимогами ПУЕ та Правилам технічної експлуатації електроустановок споживачів. [30]

Плавкі вставки запобіжників калібруються із зазначенням на клеймі номінального струму вставки (клеймо ставиться заводом-виготовлювачем або електротехнічною лабораторією). Застосування саморобних некаліброваних плавких вставок забороняється.

На електродвигуни, світильники, інші електричні машини, апарати та обладнання, встановлені у вибухонебезпечних або пожежонебезпечних зонах, наносяться знаки, що вказують на їх ступінь захисту згідно з чинними стандартами.

З'єднання, відгалуження та окінцювання жил проводів і кабелів мають здійснюватися за допомогою опресування, зварювання, паяння або затискачів. Місця з'єднання жил проводів і кабелів, а також з'єднувальні та відгалужувальні затискачі повинні мати мінімальний перехідний опір, щоб уникнути їх перегрівання і пошкодження ізоляції стиків. Струм втрат ізоляції стиків повинен бути не більше струму втрат ізоляції цілих жил цих проводів і кабелів.

Відстань між світильниками з лампами розжарювання та предметами (конструкціями та конструктивними елементами будинків) з горючих матеріалів, за винятком груп Г1, Г2, повинна бути не менше значень зазначених в таблиці 6.1 [18]:

Таблиця 6.1 – Співвідношення номінальної потужності світлових приладів та їх відстаней до предметів

номінальна потужність Р, Вт	мінімальна відстань, м
100	0,5
300	0,8
500	1,0

Інші види світильників розміщуються від горючих матеріалів та предметів на відстані не менше 0,5 м, від будівельних конструкцій, що містять горючі матеріали груп горючості Г3, Г4, - не менше 0,2 м, а від конструкцій із горючих матеріалів груп горючості Г1, Г2 - не менше 0,1 м. У разі неможливості дотримання вказаних відстаней до зазначених матеріалів та предметів (конструкцій та конструктивних елементів будинків) вони захищаються негорючими теплоізоляційними матеріалами.

У разі встановлення світильників на (у) підвісні стелі чи їх облицювання з матеріалів груп горючості Г3, Г4 місця прилягання цих світильників необхідно

захищати негорючим теплоізоляційним матеріалом або матеріалом групи горючості Г1.

Відстань від кабелів та ізольованих проводів, прокладених відкрито, до місць відкритого зберігання (розміщення) горючих матеріалів повинна бути не менше 1 метра.

Електрощити, групові електрощитки захищаються автономними системами пожежогасіння та оснащуються схемою підключення споживачів з пояснювальними написами і вказаним значенням номінального струму апарата захисту (плавкої вставки).

Для загального відключення силових та освітлювальних мереж складських приміщень з вибухонебезпечними і пожежонебезпечними зонами будь-якого класу, архівів, книгосховищ та інших подібних приміщень необхідно передбачати встановлення апаратів відключення (вимикачів) поза межами (ззовні) вказаних приміщень на негорючих стінах (перегородках) або на окремих опорах. Спільні апарати відключення (вимикачі) розташовують в ящиках з негорючих матеріалів або в нішах, які мають пристосування для пломбування та замикання на замок. [18]

При розробці дипломного проекту, для проектування електричних освітлювальних мереж враховано комплекс протипожежних заходів, використано вимоги ПУЕ, засобів захисту електроустановок та вимог щодо проектування освітлення.

[3] - ДБН В 2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення»;

[27] - «Проектування промислового освітлення» для 8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла» / Укл. Костик Л.М., ТНТУ, 2015. - 132 с.;

[6] - <https://helpiks.org/5-3158.html> [мережевий ресурс];

[18] - НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки України»;

[30] - ПТЕЕС - 2006 «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»;

7.4 Планування заходів цивільного захисту на підприємствах електротехнічної та світлотехнічної галузі у випадку надзвичайних ситуацій

Захист населення та територій у випадку загрози виникнення надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань держави та регламентується відповідно до розділу IV Кодексу цивільного захисту України. [12]

До основних принципів захисту населення та територій належать:

- пріоритетність завдань спрямованих на захист людей, збереження їх здоров'я і довкілля;
- обов'язковість завчасного планування і реалізації заходів щодо захисту населення і територій з урахуванням економічних, природних та інших особливостей регіону і ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій;
- комплексне використання способів і засобів захисту і надання переваги раціональності при виборі способу захисту;
- вільний доступ населення до інформації щодо захисту населення від надзвичайних ситуацій;
- особиста відповідальність керівників органів ЦЗ і піклування громадян про власну безпеку, неухильне дотримання ними правил поведінки та дій у надзвичайних ситуаціях.

Відповідно до статті 130 Кодексу цивільного захисту України [13], на підприємствах електротехнічної галузі, що забезпечують експлуатацію електричних освітлювальних мереж з напівпровідниковими світловими приладами, розробляються наступні плануючі документи:

- план цивільного захисту;
- наказ про організацію та ведення цивільного захисту;
- план розвитку та вдосконалення цивільного захисту;

- план підготовки та підвищення кваліфікації керівного складу цивільного захисту об'єкту;
- план-графік вивчення стану та питань цивільного захисту в структурних підрозділах об'єкту;
- план реагування на надзвичайні ситуації;
- план локалізації та ліквідації наслідків аварій (для об'єктів підвищеної небезпеки).

Також щорічно розробляються:

- наказ про підсумки підготовки об'єкту в минулого році;
- план підготовки об'єкту на наступний рік;
- доповідь про стан і підготовку ЦЗ об'єкту;
- навчальний план та документи щодо підготовки і проведення об'єктових тренувань та навчань.

План ЦЗ є основним документом, який визначає зміст, об'єм, порядок та термін виконання заходів цивільного захисту; при загрозі виникнення надзвичайних ситуацій; при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій; при проведенні заходів ЦЗ в мирний та воєнний час.

Основними способами захисту населення від уражаючих дій факторів, що створюються в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу є:

- Укриття людей в захисних спорудах (спеціальних сховищах, протирадіаційних укриттях, метрополітенах підземного пролягання);
- Евакуаційні заходи (захист населення завчасним вивезенням в безпечні райони із потенційних зон ураження, катастроф чи заражень, а також в умовах неповного забезпечення захисними спорудами);
- Радіаційний і хімічний захист (заходи з виявлення та оцінки радіаційної та хімічної обстановки);
- Медичний захист (зменшення ступенів ураження шляхом застосування медичних препаратів, надання медичної допомоги постраждалим, контроль за станом довкілля, санітарно-гігієнічною та епідемічною ситуацією);

- Біологічний захист (своєчасне виявлення чинників, масштабів та наслідків біологічного зараження та проведення комплексних спеціальних заходів);

- Психологічний захист (зменшення негативних психічних станів та реакцій населення в умовах виникнення надзвичайної ситуації).

Інженерний захист робітників, службовців об'єкту та територій передбачають забезпечення захисту та укриття осіб в сховищах та протирадіаційних укриттях. В свою чергу організація та проведення евакуаційних заходів проводиться на державному рівні та поділяється на: обов'язкову евакуацію, загальну або часткову, тимчасову або безповоротну.

Обов'язкова евакуація населення проводиться у разі виникнення загрози:

- аварій з викидом радіоактивних та небезпечних хімічних речовин;
- катастрофічного затоплення місцевості;
- масових лісових і торф'яних пожеж, землетрусів, зсувів, інших геологічних та гідрогеологічних явищ і процесів;
- збройних конфліктів.

Для протирадіаційного та протихімічного захисту передбачається: укриття в захисних спорудах, забезпечення засобами індивідуального захисту; проведення радіаційної, хімічної та бактеріологічної розвідки; своєчасне доведення сигналів керування та оповіщення, організація дозиметричного, хімічного та бактеріологічного контролю, санітарної обробки та обеззараження.

Медичне забезпечення евакуаційних заходів організовується на всіх етапах розосередження та евакуації населення.

Надається невідкладна медична допомога хворим, проводиться виявлення та ізолювання інфекційних хворих з подальшою евакуацією їх в медичні заклади.

Матеріальне забезпечення - це забезпечення транспортних та інших машин, які використовуються для евакуаційних перевезень

пальним, мастилами та іншими матеріалами, а населення - харчами та речами першої необхідності.

Технічне забезпечення - це організація технічного обслуговування, поточного ремонту транспортних засобів та іншої техніки, постачання запчастин та ремонтними матеріалами.

Транспортне забезпечення - це планування, організація та виконання евакуаційних перевезень.

Режим радіаційного захисту вводиться при тривалому перебуванні людей в зонах радіоактивного зараження для того, щоб забезпечити виробничий процес на об'єкті і життєдіяльність населення, зберігаючи при цьому працездатність людей.

Груповий контроль проводиться з метою отримання даних про середню дозу опромінення особового складу формування ЦЗ.

Індивідуальний контроль опромінення проводиться для первинної діагностики ступеню тяжкості променевої хвороби.

7.5 Захист персоналу об'єктів енергетики від впливу іонізуючого випромінювання

Широке використання джерел іонізуючого випромінювання в науці, промисловості, енергетиці, медицині потребує достатньо ефективного захисту людей, які під час виконання своєї професійної діяльності знаходяться в сфері впливу іонізуючого випромінювання. [8]

Організація захисту від впливу іонізуючих випромінювань проводиться залежно від типу джерела, його призначення та інших характеристик.

Організаційні заходи щодо захисту від іонізуючих випромінювань потребують не лише спеціальних знань, але і матеріальних затрат.

Існує декілька фізичних основ захисту від іонізуючого випромінювання, серед яких найбільш ефективними та значимими є:

- 1) захист зменшенням активності (захист шляхом роботи з меншими активностями);
- 2) захист часом (захист шляхом зменшення часу контакту з джерелом іонізуючого випромінювання);
- 3) захист відстанню (захист шляхом збільшення відстані між людиною і джерелом іонізуючого випромінювання);
- 4) захист екраном (захист шляхом екранування джерела від людини, чи людини від джерела);
- 5) захист якістю джерела (захист шляхом вибору для використання таких джерел, характеристики випромінювання яких дозволяють виконувати своє призначення в технологічних процесах, але при цьому їх вплив на людину буде меншим, порівняно з іншими).

Крім вищезазначених фізичних методів захисту людини від іонізуючих випромінювань, необхідно брати до уваги також організаційні заходи, як метод захисту від іонізуючого випромінювання.

Захист від іонізуючого випромінювання включає в себе організаційні, санітарно-гігієнічні, технічні та лікувально-профілактичні заходи, а саме:

- технічні заходи та засоби захисту від іонізуючого випромінювання передбачають: застосування автоматизованого устаткування з дистанційним керуванням; використання витяжних шаф, камер, боксів, що оснащені спеціальними маніпуляторами, які копіюють рухи рук людини; встановлення захисних екранів;

- санітарно-гігієнічні заходи передбачають: забезпечення чистоти приміщень, включаючи щоденне вологе прибирання; улаштування припливно-витяжної вентиляції з щонайменше п'ятиразовим повітрообміном; дотримання норм особистої гігієни; застосування засобів індивідуального захисту;

- лікувально-профілактичні заходи передбачають: попередній та періодичні медогляди осіб, які працюють з радіоактивними речовинами; встановлення раціональних режимів праці та відпочинку; використання

радіопротекторів хімічних речовин, що підвищують стійкість організму до іонізуючого опромінення.

Захист від внутрішнього опромінення полягає в усуненні безпосереднього контакту працюючих з радіоактивними джерелами (відходами) і запобігання попаданню їх в повітря робочої зони.

При плануванні й проведенні заходів щодо захисту від іонізуючого випромінювання необхідно керуватись нормами радіаційної безпеки [19], у яких наведені категорії опромінюваних осіб, доз, межі і заходи щодо захисту, а також санітарні правила [21], що регламентують розміщення приміщень і установок, місце робіт, порядок одержання, обліку і зберігання джерел випромінювання, вимоги до вентиляції, пилогазоочистки, знешкодження радіоактивних відходів та інше.

Підсумки: розглянуто принципи та способи організації заходів цивільного захисту на підприємствах, визначено комплекси передбачених заходів для перелічених видів захисту. Запропоновано фізичні методи та організаційні заходи захисту персоналу підприємства від впливу іонізуючих випромінювань. Визначено основні типи плануючих документів на підприємствах електротехнічної галузі, що забезпечують експлуатацію освітлювальних електромереж з напівпровідниковими світловими приладами.

[12] – Кодекс цивільного захисту України. Розділ 2, статті 2, 4., Розділ 4. Гл.7, 9.;

[13] – Кодекс цивільного захисту України. Розділ 11, Гл.30, стаття 130.;

[8] – Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання»;

[19] – Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97);

[21] – Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-2005).

8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Сучасні тенденції електроспоживання

У зв'язку з інтенсивним розвитком сфери електроенергетики та електропоживання виникла необхідність змін та перетворень ряду взаємодіючих факторів у цій сфері. Такими зокрема є фактори технічного прогресу.

Фактори технічного прогресу характеризуються:

- підвищенням рівня автоматизації процесів;
- розвитком нових технологій, матеріалів та приладів, включно з іншими галузями, що мають потенційну взаємодію з сферою електроенергетичного виробництва;
- швидким ростом масштабів розвитку інформаційно-комп'ютерних технологій;
- застосуванням значної кількості малих генеруючих відновлюваних джерел енергії;

Постає також питання у підвищенні вимог до екологічної безпеки та енергоефективності. Такі фактори передбачають:

- необхідність зниження впливу енергетичної складової на навколишнє середовище;
- необхідність підвищення енергоефективності та енергозбереження.

При цьому виникають наступні ускладнюючі фактори розвитку електроенергетики, зокрема істотна невизначеність умов розвитку і функціонування паливно-енергетичного комплексу та систем енергетики; значне посилення взаємного впливу систем енергетики та їх впливу на інші галузі (економіку та системи життєзабезпечення); наявність численних суб'єктів відносин, які часто мають суперечливі інтереси.

Тренди розвитку електроенергетики:

- структурні тренди: високий ступінь невизначеності в атомній енергетиці, високий потенціал газової електроенергетики, можливість згорання вугільної електроенергетики; набуття системами енергетики інфраструктурних функцій;
- технологічні тренди: створення smart-енергосистем, розвиток технологій транспортування електроенергії, впровадження пристроїв силової електроніки, розвиток технологій накопичення електроенергії.

Тренди розвитку електроенергетичних мереж:

- перехід до інтелектуальної енергетики (використання розсосередженої генерації, енергокластерів, інфраструктурних систем);
- перехід від асиметричних мереж до симетричних мереж мультигенерації;
- підвищення рівнів енергетичного обслуговування;
- спільне використання сформованих технологій.

Тренди розвитку розсосередженої генерації:

- інтеграція електроенергетики в техносферу;
- виробництво електроенергії споживачами (активний споживач);
- формування «віртуальних» електростанцій.

Новою тенденцією розвитку світової енергетики стало формування , так званого, «електричного світу».

В основу уявлення про «електричний світ», як про основу енергетики майбутнього, заклались такі характерні йому риси:

- електроенергія є найбільш технологічним видом електроспоживання (сучасні технології ефективності генерування, широкий діапазон регулювання, щільність потоку енергії);
- поняття про електротранспорт, як про інфраструктуру майбутнього;
- виробництво електроенергії можливе і необхідне на місці споживання;
- ефективні технології зберігання електроенергії;

- технології бездротової передачі електроенергії.

Таким чином, можна виділити три основні складові риси «електричного світу»:

- інтелект – інтелектуальна система, енергозбереження, адресні поставки енергії;
- системність – технології комплексного регулювання, технології накопичення електроенергії, децентралізація енергетики;
- екологізація – відновлювані джерела енергії, альтернативне паливо для транспорту, вуглецеві ринки.

Також визначено, що модерна електроенергетика передбачає закладення інтегрованої, саморегульованої та само відновлюваної системи, що повинна включати мережеву технологію, генеруючі джерела, магістральні та розподільчі мережі та всі види споживачів електричної енергії, які керуються єдиною мережею автоматизованих пристроїв чи диспетчерського керування у реальному часі.

8.2 Аналіз сучасних джерел світла та ступеня їх екологічності

На прикладі України, аналізуючи взаємні чинники енергетичної та екологічної ситуації, можемо виділити ряд негативних екологічних наслідків господарської діяльності людини та впливів рівня техногенного забруднення. Загальна екологічна ситуація країни офіційно характеризується експертами як кризова. Одним із ключових чинників загрози для населення та довкілля є забруднення навколишнього середовища відходами. Відходи без належної спеціальної технології та системи утилізації залежно від категорії, класу та виду, негативно впливають на всі складові навколишнього природного середовища – ґрунт, воду, повітря. Станом на даний момент, в країні зафіксовано критично високі абсолютні обсяги утворення та накопичення відходів. Практично всі сучасні розрядні лампи вміщують ртуть. Ртуть, в свою

чергу, є токсичним забруднювачем довкілля та токсикантом з групи пріоритетних речовин – контамінантів.

Зважаючи на екологічний фактор, заміну ртутних ламп на лампи з покращеними показниками екологічності варто розглядати керуючись саме критерієм екологічності.

В умовному порядку покращення параметрів за ступенем екологічності можна поділяти джерела світла наступним чином:

- лінійні люмінісцентні лампи;
- дугові розрядні лампи;
- компактні люмінісцентні лампи;
- металогалогенні лампи;
- натрієві лампи високого тиску.

Заміна люмінісцентних ламп на металогалогенні і натрієві високого тиску можливо покращити загальний екологічний стан. Перевагою металогалогенних та натрієвих високого тиску ламп перед люмінісцентними лампами є додаткова зовнішня колба. Окрім конструктивних особливостей, механічні властивості розрядних трубок галогенних ламп є вищими в порівнянні з люмінісцентними лампами, а також вони мають істотно менші розміри як поверхні світності, так і загалом виконання приладу в цілому. Виходячи з переліченого, зменшується імовірність потряплення ртуті в середовище при непередбачуваних ситуаціях при транспортуванні, експлуатації чи заміні та утилізації ламп.

На даним момент ефективними джерелами світла вважають натрієві лампи високого тиску, оскільки вони мають на порядок вищі показники світлової віддачі, терміну роботи та стабільності параметрів у порівнянні з іншими джерелами світла. Натрієві лампи високого тиску, з точки зору екологічності, маю суттєві переваги над іншими джерелами світла, що мають ртутну основу. Питома кількість ртуті на генерацію одиниці світлового потоку в натрієвих лампах високого тиску є найменшою серед усіх розрядних ламп з

ртутною основою. Такі переваги пояснюють перспективність їх використання в тепличному господарстві.

Однак, дослідження вчених Тихоокеанської північно-західної лабораторії (PNNL) показало, що світлодіоди є екологічно чистішим, у порівнянні з компактними люмінесцентними лампами та лампами розжарювання.

Експерименти показали споживану потужність лампами розжарювання, що становила 100 Вт електроенергії, люмінесцентних ламп, що споживали 15 Вт, що становило вагому різницю споживання електроенергії, проте в той час як світлодіодні лампи (LED-12) – тільки 12,5 Вт. Кількість випромінювання світла та яскравість свічення при цьому була приблизно однаковою.

У випадку відмови від ламп розжарювання, які на даний час фактично є застарілими джерелами світла, на користь світлодіодів, можна суттєво знизити негативний вплив на навколишнє середовище, пов'язаний зі спалюванням викопного палива в 3-9 разів. Експеримент також зосереджувався не лише на питаннях економічності, але й на побудові екологічної послідовності, при якій розглядається вплив різних джерел світла на навколишнє середовище на протязі всього терміну служби лампи, від видобутку сировини для неї до кінцевої утилізації відпрацьованого ресурсу.

З точки зору економічності енергоспоживання та енергоефективності люмінісцентні та світлодіодні лампи мають схожі показники, однак в плані загальних екологічних характеристик світлодіоди мають явну перевагу. Основний аспект екологічної проблеми для компактних люмінісцентних ламп – складність утилізації ламп з токсичною речовиною всередині, навіть враховуючи факт майже однакового критерію шкоди середовищу при експлуатації, у порівнянні з світлодіодними лампами.

Серйозним екологічним недоліком світлодіодів є алюмінієвий радіатор, що охолоджує компоненти світлодіодної лампи. Фактично сам процес видобутку та обробки алюмінію є енергоємним і створює побічні продукти. Це додаткове навантаження на навколишнє середовище, що знижує екологічну якість світлодіодних приладів.

Прогнозованим виходом з такої проблеми є розробка більш ефективних свілодіодів з немасивними меншими радіаторами.

В практиці закордонних компаній є пропонований сервіс циклічності повторного використання матеріалів або встановлення і експлуатація спецобладнання для переробки ламп і компонентів.

Таким чином, зроблено висновок щодо проблеми утилізації екологічно небезпечних ртутних ламп та інших джерел світла, конкретно для України на сьогоднішній час. Потребується додатковий розгляд та втручання з боку держави.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

Отримано наступні результати:

1. Проаналізовано актуальні проблеми використання напівпровідникових світлових приладів в промислових освітлювальних установках та запропоновано методи їх вирішення.
2. Проведено аналіз та вибір методів підвищення надійності функціонування систем освітлення з світлодіодними світловими приладами на основі дослідження комплексної системи керування ОУ.
3. Здійснено проектування освітлювальної установки та аварійного освітлення об'єкта в пакеті програми RELUX.
4. Здійснено розрахунок електричних навантажень комплексу обладнання та ОУ об'єкта. Вказано, що повна потужність становить 566,8 кВА.
5. Визначено центр електричних навантажень та здійснено розміщення точки ТП.
6. Розраховано кошторис затрат на реалізацію проекту та оцінено ефективність застосування LED-джерел світла. Вказано, що вартість реалізації системи освітлення становить 339342 грн.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бурбело Михайло Йосипович. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник - 2-ге вид., перероб. і доп. / М.Й. Бурбело. -Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005 - 148 с.
2. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
3. ДБН В 2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення».
4. ДСТУ ІЕК 60898-2:2005
5. Драйвери для світлодіодів [Електронний ресурс]. - Режим доступу:http://berekaradio.com.ua/index.php?route=product/category&path=16600_37900&page=2
6. Електрозахисні засоби та запобіжні пристосування [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://helpiks.org/5-3158.html>
7. Ермилов А.А. «Основы электроснабжения промышленных предприятий». Изд. 2-е переработка М., «Энергия», 1969.
8. Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання».
9. Захист від пікового пускового струму LED-приладів [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.ametherm.com/blog/inrush-current/inrush-current-protection-led-lighting-retrofits/>
10. Каталоги вибору розподільчих пунктів [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://promfactor.com/uploads/images/Product/UA/PR11_UA.pdf
11. Кнорринг Г.М. «Справочная книга для проектирования электрического освещения»: Ленинград; «Энергия», 1976.
12. Кодекс цивільного захисту України. Розділ 2, статті 2, 4., Розділ 4. Гл.7, 9..
13. Кодекс цивільного захисту України. Розділ 11, Гл.30, стаття 130..
14. Колірна температура [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.light-group.com.ua/about/novyiny/shcho-take-kolorova-temperatura-svitlodiodnykh-lamp/>

15. Критерії вибору світлодіодних ламп [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://maxus.com.ua/blog/kak-vybrat-led-lampu-instrukcija-k-primeneniju>
16. Методичні вказівки до курсового проекту з курсу „Електропостачання”./укладач Біленький Й.Т.–ТДТУ, Тернопіль–2004р.
17. МТБ-280а/2/10-766 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://dvmash.biz/ru/investoram.html>
18. НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки України».
19. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97).
20. ОНТП 24-86. Определение категорий помещений и зданий взрывопожарной опасности.
21. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-2005).
22. Основи моделювання освітлення в програмі RELUX [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://lightonline.ru/svet/lessons/Relux2007.html?lpage=1>
23. Перетворюючі плати. Перехід через «0» [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://sound-au.com/articles/inrush.htm>
24. Правила устройства электроустановок. - Москва: НЦ ЭНАС, 2007. - 552с.
25. Плагіни та каталоги вибору світлових приладів [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.ltcompany.com/ru/>
26. Правила та вимоги до розрахунку і проектування освітлювальних установок [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://knowledge.allbest.ru/physics/2c0b65625a3bd78a5d53a89421306c36_0.html
27. «Проектування промислового освітлення» для 8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла» / Укл. Костик Л.М., ТНТУ, 2015. - 132 с.
28. Протокол керування освітленням DALI [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://arlight.ru/support/articles/osnovnye-svedeniya-ob-upravlenii-osveshcheniem-po-protokolu-dali/>
29. Проблема пікового пускового струму LED-приладів [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.power-supplies.com.au/methods-avoiding->

[inrush-current-problems](#)

30. ПТЕЕС - 2006 «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів».

31. Пускові струми світлодіодних світлових приладів [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://adlt.com.au/%EF%BB%BFled-driver-inrush-currents/>

32. Світлодіоди [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://elektrotovary.te.ua/index.php?route=information/news&news_id=2;
http://elektrotovary.te.ua/index.php?route=information/news&news_id=6.

33. Світлодіодні драйвери MEANWELL [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.led-drivers.com.au/blog/resolving-inrush-current-problems-led-drivers> ; <https://www.meanwellaustralia.com.au/news/avoiding-led-driver-inrush-current-problems>

34. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы проектирования зданий.

35. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. /Под ред. А. А. Федорова.- М.: Энергоатомиздат, 1986.- 568 с.

36. Справочник по проектированию электроснабжения / Ю.Г. Барыбин, И.С. Бабахаян, А.А. Бейдер [та ін.] // . - Москва: Энергоатомиздат, 1990 - 576 с.

37. Схеми регулювання характеристик та керування освітленням [Електронний ресурс]. - Режим доступу:<http://www.radiant.su/rus/articles/?action=show&id=426>

38. Тепловідвід світлодіодів [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://saveenergy.com.ua/ua/articles/led->

39. Технологія протоколу DALI [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://electricalschool.info/main/lighting/827-sistema-upravlenija-osveshheniem-dali.html>

40. Технологічні типи світлодіодів [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://svetcomplect.ua/ua/statti/svtlododn_lampi_kоротko_pro_golovne

41. Типи LED-ламп [Електронний ресурс]. - Режим доступу:

<https://electric.org.ua/lamp/about-lamp/osvitlyuvalni-prylady-novoho-pokolinnya-svitlodiodni-led-lampy.html>

42. Типи і характеристика автоматичних вимикачів [Електронний ресурс].

- Режим доступу: https://electrica-shop.com.ua/ua/articles/84.tipi_i_harakteristiki_avtomatichnih_vimikachiv

43. Характеристика LED-драйверів [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://homediz.cx.ua/drajveri-dlya-svitlodiodiv-vidi-harakteristiki-ta.html>

ДОДАТКИ

Таблиця 1 – РП1

Додаток А

№ п/п	Назва електричного споживача	№ на плані	К- сть	Потужність		cosφ	Ки	tgφ	Pc,кВ т	pe	Км	Розрахункові навантаження			Iр,А	Iн,А
				Pн,кВт	∑P,кВт							Pp,кВ т	Qp,кВа р	Sp,кВА		
1	Токарно-гвинторізний верстат	3	3	12,925	38,775	0,5	0,14	1,73								120
2	Настільно- свердлильний верстат	5	3	0,6	1,8	0,5	0,14	1,73								5,57
3	Довбальний верстат	7	2	13,8	27,6	0,5	0,14	1,73								85,5
4	Універсально- фрезерний верстат	10	2	3,4	6,8	0,5	0,14	1,73								21,1
5	Координатно- розточувальний верстат	12	1	2,25	2,25	0,5	0,14	1,73								6,97
	ВСЬОГО по РП1		11		77,23				10,81	2,57	2,84	30,7	53,12	61,35	94,97	239,14

Таблиця 2 – РП2

Додаток А

№ п/п	Назва електричного споживача	№ на плані	К-сть	Потужність		cosφ	Ки	tgφ	Pc,к Вт	pe	Км	Розрахункові навантаження			Ip,А	In,А
				Pн,кВ т	ΣP,кВ т							Pp,кВт	Qp,кВар	Sp,кВА		
1	Токарно- гвинторізний верстат	1	1	28	28	0,5	0,14	1,73								86,7
2	Токарно- гвинторізний верстат	2	2	4,6	9,2	0,5	0,14	1,73								28,5
3	Токарно- гвинторізний верстат	4	2	11,13	22,26	0,5	0,14	1,73								68,9
4	Горизонтально- розточувальний верстат	8	1	18,95	18,95	0,5	0,14	1,73								58,7
	ВСЬОГО по РП2		6		78,4				10,98	2,67	2,7	29,7	51,3	59,3	91,79	242,8

Таблиця 3 – РПЗ

Додаток А

№ п/п	Назва електричного споживача	№ на плані	К-сть	Потужність		cosφ	Ки	tgφ	Pc,кВт	ne	Км	Розрахункові навантаження			Iр,А	Iн,А
				Pн,кВт	ΣP,кВт							Pр,кВт	Qр,кВа р	Sр,кВА		
1	Настільно-різьбонарізний верстат	18	4	0,6	2,4	0,5	0,14	1,73								7,43
2	Внутрішньо - шліфувальний верстат	14	1	17,525	17,525	0,5	0,14	1,73								54,3
3	Копіювально-фрезерний верстат	11	2	3,5	7	0,5	0,14	1,73								21,7
4	Поперечно-стругальний верстат	9	3	14,5	43,5	0,5	0,14	1,73								134,7
5	Вертикально-свердлильний верстат	6	1	7,125	7,125	0,5	0,14	1,73								22,1
	ВЬОГО по РПЗ		11		77,55				10,86	2,61	2,9	31,49	54,47	62,92	97,4	240,23

Таблиця 4 – РП4

Додаток А

№ п/п	Назва електричного споживача	№ на плані	К- сть	Потужність		cosφ	Ки	tgφ	P _{c,кВ} т	пс	Км	Розрахункові навантаження			I _{p,А}	I _{н,А}
				P _{н,кВт}	∑P,кВт							P _{p,кВт}	Q _{p,кВа} р	S _{p,кВА}		
1	Зубо-фрезерний верстат	16	1	10,85	10,85	0,65	0,17	1,17								25,8
2	Горизонтально- фрезерний верстат	17	2	8,7	17,4	0,5	0,14	1,73								53,9
3	Кран мостовий електричний	19	1	24,2	24,2	0,5	0,14	1,73								74,9
4	Кругло-шліфувальний верстат	15	2	9,585	19,17	0,5	0,14	1,73								59,4
5	Плоско-шліфувальний верстат	13	2	2,8	5,6	0,5	0,14	1,73								17,3
	ВЬОГО по РП4		8		77,22				10,81	4,24	2,98	32,2	54,33	63,16	97,77	231,3

Таблиця 5 – РП5

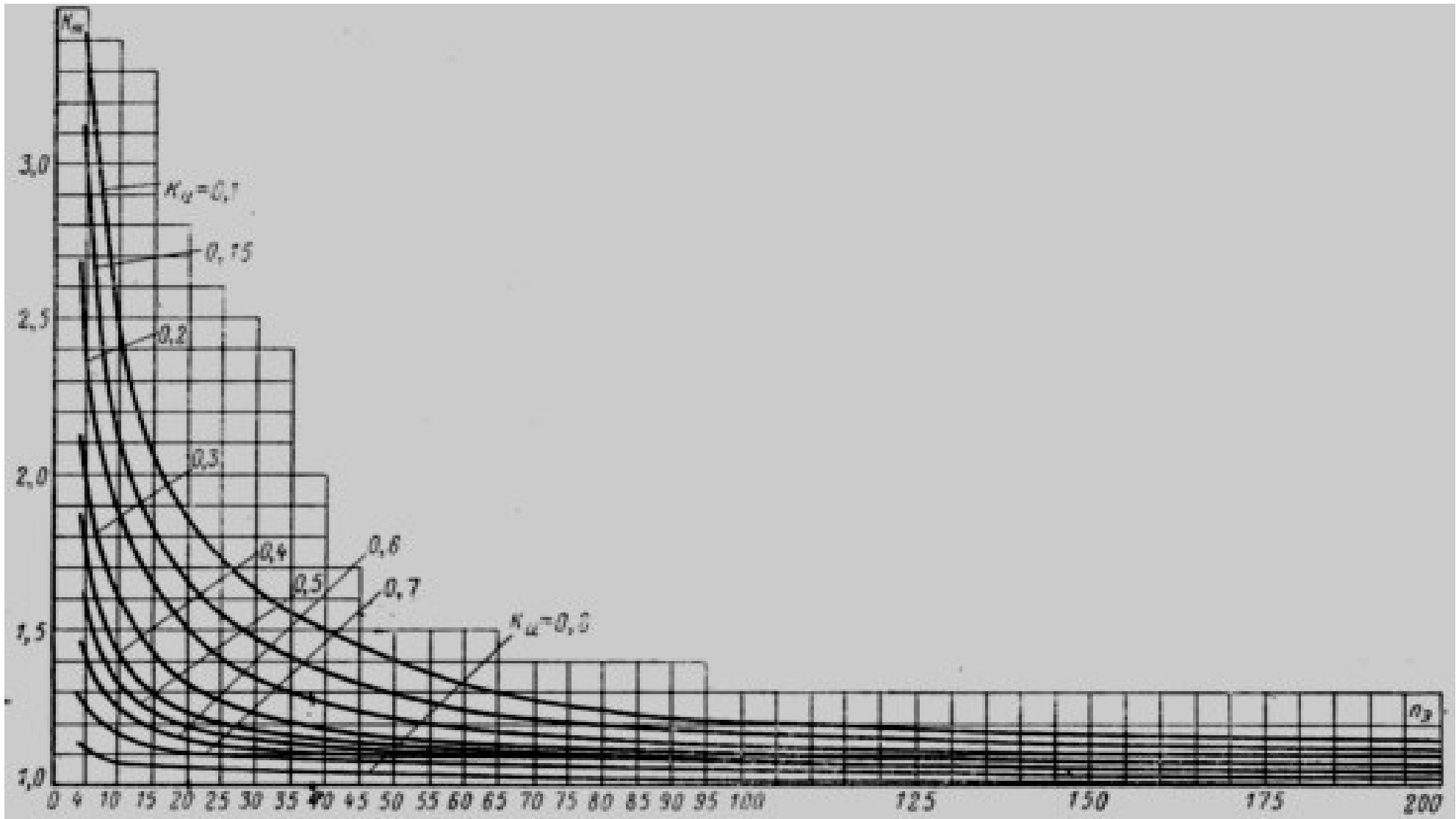
Додаток А

№ п/п	Назва електричного споживача	№ на план і	К- сть	Потужність		cosφ	Ки	tgφ	Pc,кВ т	pe	Км	Розрахункові навантаження			Ip,А	In,А
				Pн,кВт	∑P,кВт							Pp,кВ т	Qp,кВа р	Sp,кВА		
1	Верстат відрізний з дисковою пилою	21	2	8,825	17,65	0,5	0,14	1,73								54,6
2	Механічна пилка	22	1	1,7	1,7	0,5	0,14	1,73								5,3
3	Вальці чистоправні	23	1	9	9	0,5	0,14	1,73								27,9
4	Прес однокривошипний	24	1	10	10	0,65	0,17	1,17								23,8
5	Прес фрекційний	25	2	14,5	29	0,65	0,17	1,17								69,1
6	Вертикально- свердлильний верстат	26	1	2,8	2,8	0,5	0,14	1,73								8,7
7	Обдирно-точильний верстат	27	1	2,8	2,8	0,65	0,17	1,17								6,7
8	Вентилятор	28	2	4,5	9	0,8	0,65	0,75								17,4
9	Кран-балка	29	1	7,3	7,3	0,5	0,05	1,73								22,6
	ВСЬОГО по РП5		12		89,25				17,67	5,36	2,38	42,06	49,7	65,11	100,8	236,1

Таблиця 6 - РП6

Додаток А

№ п/п	Назва електричного споживача	№ на плані	К-сть	Потужність		cosφ	Ки	tgφ	Pc,кВт	pe	Км	Розрахункові навантаження			Iр,А	In,А
				Pн,кВт	∑P,кВт							Pр,кВт	Qр,кВа р	Sр,кВА		
1	Молот пневматичний	31	1	10	10	0,65	0,24	1,17								23,8
2	Електропіч-ванна (850 °С)	33	2	20	40	0,95	0,8	0,33								65,2
3	Шахтна електропіч опору (650 °С)	32	1	75	75	0,95	0,8	0,33								122,2
4	Вентилятор	35	2	2,8	5,6	0,8	0,65	0,75								10,8
5	Кран-балка	36	1	7,3	7,3	0,5	0,05	1,73								22,6
	ВСЬОГО по РП6		7		137,9				98,41	2,57	1,43	140,7	52,24	150,09	232,34	244,6



Криві коефіцієнтів максимуму K_{max} для різних коефіцієнтів використання K_g в залежності від n_e

Коефіцієнти максимуму K_m для різних коефіцієнтів використання K_u в залежності від приведенного (ефективного) числа приймачів n_e

n_e	Значення K_m при значеннях K_u								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
4	3,43	3,11	2,64	2,14	1,87	1,65	1,46	1,29	1,14
5	3,23	2,87	2,42	2,00	1,76	1,57	1,41	1,26	1,12
6	3,04	2,64	2,24	1,88	1,66	1,51	1,37	1,23	1,10
7	2,88	2,48	2,10	1,80	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09
8	2,72	2,31	1,99	1,72	1,52	1,40	1,30	1,20	1,08
9	2,56	2,20	1,90	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08
10	2,42	2,10	1,84	1,60	1,43	1,34	1,26	1,16	1,07
12	2,24	1,96	1,75	1,52	1,36	1,28	1,23	1,15	1,07
14	2,10	1,85	1,67	1,45	1,32	1,25	1,20	1,13	1,07
16	1,99	1,77	1,61	1,41	1,28	1,23	1,18	1,12	1,07
18	1,91	1,70	1,55	1,37	1,26	1,21	1,16	1,11	1,06
20	1,84	1,65	1,50	1,34	1,24	1,20	1,15	1,11	1,06
25	1,71	1,55	1,40	1,28	1,21	1,17	1,14	1,10	1,06
30	1,62	1,46	1,34	1,24	1,19	1,16	1,13	1,10	1,05
35	1,56	1,41	1,30	1,21	1,17	1,15	1,12	1,09	1,05
40	1,50	1,37	1,27	1,19	1,15	1,13	1,12	1,09	1,05
45	1,45	1,33	1,25	1,17	1,14	1,12	1,11	1,08	1,04
50	1,40	1,30	1,23	1,16	1,14	1,11	1,10	1,08	1,04
60	1,32	1,25	1,19	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,03
70	1,27	1,22	1,17	1,12	1,10	1,10	1,09	1,06	1,03
80	1,25	1,20	1,15	1,11	1,10	1,10	1,08	1,06	1,03
90	1,23	1,18	1,13	1,10	1,09	1,09	1,08	1,05	1,02
100	1,21	1,17	1,12	1,10	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02
120	1,19	1,16	1,12	1,09	1,07	1,07	1,07	1,05	1,02
140	1,17	1,15	1,11	1,08	1,06	1,06	1,06	1,05	1,02
160	1,16	1,13	1,10	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,02
180	1,16	1,12	1,10	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01
200	1,15	1,12	1,09	1,07	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01

Таблица 5 - Допустимый длительный ток для проводов с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одножильных	трех одножильных	четырёх одножильных	одного двухжильного	Одного трехжильного
2	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	-	-	-
185	390	-	-	-	-	-
240	465	-	-	-	-	-
300	535	-	-	-	-	-
400	645	-	-	-	-	-

Таблица 6 - Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой и пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей				
	одножильных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	-	-	-	-

Примечание. Допустимые длительные токи для четырехжильных кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1 кВ могут выбираться по табл. 1.3.7., как для трехжильных кабелей, но с коэффициентом 0,92.