

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

Робота допущена до захисту
Зав. кафедрою електроенергетики
_____ І.Л. Лебединський
«__» _____ 2020 р.

Магістерська робота

на тему:

**«Розрахунок системи електропостачання 1 та 2 поверхів
науково-навчального корпусу «М» СумДУ»**

Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконала

студентка гр. ЕТ.м-91

А.Ю. Захарко

Керівник, канд.техн.наук

С.М. Лебедка

Консультант

З економічної частини к.ек.н., доц.

О.М. Маценко

Нормоконтроль

М.А. Никифоров

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ЕлІТ Кафедра електроенергетики

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою електроенергетики

І.Л. Лебединський
« » 2020 р.

ЗАВДАННЯ на магістерську роботу

студентки Захарко Анни Юрїївни

1. Тема дипломного проекту «Розрахунок системи електропостачання 1 та 2 поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ»
затверджено наказом по університету № від
2. Термін здачі студентом завершеної роботи 07.12.2020р.
3. Вихідні дані до роботи: Вихідними даними для проектування системи електропостачання та електроосвітлення є схема навчального корпусу, дані електроживлення, перелік електроприймачів з вказанням їхньої потужності та кількості.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити):
 - Вступ;
 - Розрахунок електричного освітлення цеху;
 - Розрахунок силових електричних навантажень;
 - Вибір перерізу провідників;
 - Розрахунок струмів КЗ;
 - Вибір автоматичних вимикачів;
 - Висновок;
 - Список використаної літератури.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним позначенням обов'язкових креслень)
 - Однолінійна схема електропостачання 1 та 2 поверху навчально- наукового корпусу «М».
6. Консультанти:

Розділ	Керівник	Завдання видав	Завдання прийняв
Економічна частина	Маценко О. М.		

7. Дата видачі завдання 14.09.2020 р.

Керівник роботи _____ С.М. Лебедка

Завдання прийняв до виконання _____ А. Ю. Захарко

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1.	Підготовка вихідних даних	16.09.20
2.	Аналітична частина	23.09.20
3.	Проектно-конструкторська частина	07.10.20
4.	Розрахункова частина	21.10.20
5.	Охорона праці	14.11.20
6.	Економічна частина	27.11.20
7.	Оформлення креслень та пояснювальної записки	07.12.20

Студентка _____ А.Ю. Захарко
(підпис)

Керівник роботи _____ С.М. Лебедка
(підпис)

РЕФЕРАТ

с. 84, рис. 11, табл. 44, джерела літератури 14, додатків 2.

Бібліографічний опис: Захарко А.Ю. Розрахунок системи електропостачання 1 та 2 поверхів науково - навчального корпусу «М» СумДУ [текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / А.Ю. Захарко; наук. Керівник С.М. Лебедка. - Суми: СумДУ, 2020. - 103 с.

Ключові слова: електропостачання, електроприймач, електроустановка, електричне навантаження, кабель, переріз, мережа, напруга, коротке замикання, автомати.

электроснабжение, электроприёмник, электроустановка, электрическая нагрузка, кабель, сечение, сеть, напряжение, короткое замыкание, автоматы.

power supply, electrical receiver, electrical installation, electrical load, cable, cross section, network, voltage, short circuit, machines.

Короткий огляд - Під час роботи зібрані вихідні дані 1 та 2 поверху навчального корпусу : схема поверхів М корпусу, силові електроприймачі кількість та їх потужність, електроприймачі освітлення кількість та їх потужність, дані для розрахунку струмів короткого замикання.

Результатом роботи є вибір конструктивне виконання силової мережі, розрахунок електричних навантаження освітлення, розрахунок силових електричних навантажень, вибір перерізу провідників, розрахунок струмів однофазного короткого замикання, вибір автоматичних вимикачів.

Перелік умовних скорочень

АВ	— автоматичний вимикач
ДЖ	— джерело живлення
ДРЛ	— дугова ртутна люмінесцентна лампа
ЕА	— електричний апарат
ЕП	— електроприймач
КЗ	— коротке замикання
КЛЛ	— компактні люмінесцентні лампи
ЛЛ	— люмінесцентні лампи
ЛР	— лампи розжарювання
ОУ	— освітлювальна установка
ПТЕ	— правила технічної експлуатації
ПУЕ	— правила улаштування електроустановок
СЕР	— система електропостачання
ЩО	— щит освітлення
ЩС	— щит силовий
ЩРО	— щит освітлення розподільчий

ЗМІСТ

	Вступ.....	8
1	Загальні відомості про навчальний корпус.....	10
1.1	Короткий опис основних електроприймачів	10
1.2	Джерела світла.....	16
2	Розрахунок навантаження освітлення навчального корпусу.....	19
3	Розрахунок силових електричних навантажень	22
4	Вибір перерізу провідників	32
4.1	Вибір перерізу провідників розподільної мережі напругою до 1 кВ..	32
4.2	Електротехнічний розрахунок освітлювальних мереж	35
5	Розрахунок струмів короткого замикання.....	48
5.1	Розрахунок струмів однофазного короткого замикання.....	48
6	Вибір електричних апаратів	51
6.1	Вибір автоматичних вимикачів до електроприймачів.....	51
6.2	Вибір автоматичних вимикачів освітлювальної мережі	55
7	Охорона праці	58
7.1	Розробка системи освітлення аудиторій	58
7.2	Приклад модернізації освітлювальної установки в програмному комплексі DiaLux для аудиторій М103 та М 205	58
7.2.1	Лекційна аудиторія М103.....	60
7.2.2	Комп'ютерна аудиторія М205.....	63
7.3	Приклад модернізації освітлювальної установки методом коефіцієнта використання для аудиторії М103.....	69
7.4	Порівняння модернізації освітлювальної установки для аудиторії М103.....	72

					МР 3.8.141.126 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Захарко</i>			<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Лебедка</i>				6	84
<i>Реценз.</i>		<i>Лебедка</i>			<i>СумДУ ЕТм.-91</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>					
					<i>«Розрахунок системи електропостачання 1 та 2 поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ»</i>		

8	Економічна частина.....	74
8.1	Економічна ефективність вибору системи освітлення.....	74
8.2	Порівняння економічної ефективності використання різних ОУ.....	75
	Висновки.....	80
	Список використаної літератури.....	81
	Додаток А. Схема електроосвітлення, електропостачання першого поверху «М» корпусу СумДУ.....	83
	Додаток Б. Схема електроосвітлення, електропостачання другого поверху «М» корпусу СумДУ.....	84

ВСТУП

Актуальність теми дипломної роботи. Сьогодення є не лише зростання попиту на електроенергію, але й підвищення вимог до її якості, надійності електропостачання, забезпечення більш дієвих заходів безпеки. Відповідно до цього змінюють і нормативні документи, що встановлюють правила обладнання і технічної експлуатації окремих електричних апаратів, електроустановок, мереж. Удосконалюються методики розрахунку вибору як окремих електричних апаратів, так і електронних комплексів.

Для модернізації системи електропостачання різного виду об'єктів необхідно робити розрахунки за сучасними методиками і різними вказівками нормативного характеру. Такими вказівками є: зазначення керівного характеру з розрахунку електричних навантажень об'єкта, керівництво по розрахунку струмів короткого замикання і вибору відповідного електрообладнання, яке буде підходити за умовами надійності до заданої системі електропостачання, правилами улаштування електроустановок. Особливу увагу при розрахунку системи електропостачання необхідно приділяти надійності електропостачання, що неможливо реалізувати без релейного захисту елементів системи електропостачання. Релейний захист і автоматика повинні володіти значним швидкодією і вибірковістю спрацьовування захисту. Найважливішою елемент будь-якої системи електропостачання – це розподільні мережі, які є проміжною ланкою між джерелом живлення і споживачем електроенергії. Головна задача розподільних мереж - передача електроенергії. Тому для забезпечення необхідної надійності електропостачання необхідно використовувати сучасну і якісну кабельну продукцію. Розподільні мережі необхідні для електропостачання житлових будинків, суспільно - комунальних установ, дрібних, середніх, а іноді і великих промислових споживачів. В даний час близько 40% всієї вироблюваної електроенергії передається міським

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

споживачам. Такі мережі стають самостійною галуззю енергетики, і проблема їх раціонального споруди набуває певне значення.

Мета. Проектування надійної системи електропостачання 1 та 2 поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ.

Об'єкт дослідження – система електропостачання 1 та 2 поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ.

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
						9
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1. Загальні відомості про навчальний корпус

Сумський державний університет (СумДУ) - заклад вищої освіти в Україні, розташований у місті Суми. В СумДУ навчається більше 14 тисяч осіб за різними формами навчання (освітньо-кваліфікаційні рівні та освітні ступені молодшого спеціаліста, бакалавра, спеціаліста та магістра) за 55 спеціальністю з 22 галузей знань. Здобувають освіту близько 1650 іноземних студентів із майже 50 країн світу.

Розвинена наукова інфраструктура, функціонують центри колективного користування, оснащені сучасним науковим і технологічним обладнанням, зокрема, створені за відповідним наказом МОН України. [1]

Машинобудівний корпус (М) – навчальний корпус, який розташований на території СумДУ. Ця 4-х поверхова будівля має лабораторні, комп'ютерні та лекційні аудиторії, також спортивний зал.

1.1 Короткий опис основних електроприймачів

Вихідними даними для проектування системи електропостачання та електроосвітлення є:

- план приміщень із зазначенням місць розміщення основних електроприймачів (світильників, розеток) (додаток А, Б);
- перелік електроприймачів із зазначенням їх кількості та потужності.

План приміщень показаний в додатку А, Б. Перелік приміщень і електроприймачів у них наведено в таблиці 1.1 та таблиці 1.2

					МР 3.8.141.126 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Захарко</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Лебедка</i>					10	84
<i>Реценз.</i>	<i>Лебедка</i>				СумДУ ЕТм.-91		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Никифоров</i>						
<i>Затверд.</i>	<i>Лебединський</i>						
					«Розрахунок системи електропостачання 1 та 2 поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ»		

Таблиця 1.1 – Перелік приміщень і електроприймачів на 1-му поверсі

№	Назва та призначення приміщення	Силові електроприймачі		Електроприймачі освітлення	
		Назва, тип	К-ть, (струм)	Назва	К-ть, потужність,
1.	Охорона	Побутові розетки	5 шт., 16А	Світильники загального освітлення	світлодіодні, 2 шт., 70 Вт; розжарювання 1 шт., 100 Вт
2.	Буфет	Побутові розетки	9 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 1 шт., 18 Вт
3.	Аудиторія М101	Побутові розетки	5 шт., 16А	Світильники загального освітлення	світлодіодні, 2 шт., 4x18 Вт
4.	Аудиторія М102	Побутові розетки	6 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 2 шт., 4x18 Вт
5.	Аудиторія М103	-	-	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 2 шт., 4x18 Вт; 2 шт., 2x18 Вт;
6.	Аудиторія М104	Побутові розетки	12 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 18 шт., 2x36 Вт;
7.	Майстерня №1	Побутові розетки	9 шт., 16А	Світильники загального освітлення	світлодіодні , 5 шт., 4x36 Вт;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.126 ПЗ

Продовження табл. 1.1

8.	Аудиторія М105	Побутові розетки	2 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 4 шт., 2x36 Вт;
9.	Аудиторія М106	Побутові розетки	4 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 3 шт., 2x36 Вт; світлодіодні , 3 шт., 4x18 Вт;
10.	Аудиторія М107	Побутові розетки	2 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 2 шт., 4x18 Вт;
11.	Підсобне приміщення	Побутові розетки	2 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 1 шт., 4x18 Вт;
12.	Аудиторія М108	Побутові розетки	3 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 4 шт., 4x18 Вт;
13.	Аудиторія М109	Побутові розетки	5 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 2 шт., 2x36 Вт;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.126 ПЗ

Продовження табл. 1.1

14.	Аудиторія М110	Побутові розетки	4 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 8 шт., 4x18 Вт;
15.	Спортзал	Побутові розетки	1 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 15 шт., 4x18 Вт;
16.	Роздягальня	Побутові розетки	1 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 1 шт., 2x36 Вт;
17.	Вхід в спортзал	Побутові розетки	1 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 1 шт., 2x36 Вт;
18.	Аудиторія М112	Побутові розетки	4 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 6 шт., 4x18 Вт;
19.	Аудиторія М113	Побутові розетки	6 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 2 шт., 4x18 Вт;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.126 ПЗ

Продовження табл. 1.1

20.	Комора	Побутові розетки	1 шт., 16А	Світильники загального освітлення	розжарювання, 1 шт., 3х60 Вт;
21.	Вхід	Побутові розетки	1 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінісцентна, 1 шт., 2х9 Вт;
22.	Фое	-	-	Світильники загального освітлення	світлодіодні , 2 шт., 4х18 Вт; 2 шт., 2х18 Вт;
23.	Коридор	-	-	Світильники загального освітлення	світлодіодні , 4 шт., 4х18 Вт; 4 шт., 2х18 Вт;
24.	Сходи права частина	-	-	Світильники загального освітлення	розжарювання, 1 шт., 1х60 Вт;
25.	Сходи ліва частина	-	-	Світильники загального освітлення	люмінісцентна, 1 шт., 1х36 Вт;
26.	Майстерня №2	-	-	Світильники загального освітлення	люмінісцентна, 1 шт., 2х36 Вт;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.126 ПЗ

Продовження табл. 1.1

27.	Підсобка	-	-	Світильники загального освітлення	розжарювання 1 шт., 1x60 Вт;
-----	----------	---	---	-----------------------------------	---------------------------------

Таблиця 1.2 – Перелік приміщень і електроприймачів на 2-му поверсі

№	Назва та призначення приміщення	Силові електроприймачі		Електроприймачі освітлення	
		Назва, тип	К-ть, (струм)	Назва	К-ть, потужність,
1.	Аудиторія М201	Побутові розетки	23 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 6 шт., 4x18 Вт
2.	Аудиторія М202	Побутові розетки	3 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 4 шт., 4x18 Вт
3.	Аудиторія М203	Побутові розетки	6 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 2 шт., 4x18 Вт
4.	Аудиторія М204	Побутові розетки	9 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 4 шт., 4x18 Вт
5.	Аудиторія М205	Побутові розетки	10 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 4 шт., 4x18 Вт
6.	Аудиторія М206	Побутові розетки	3 шт., 16А	Світильники загального освітлення	люмінесцентні, 4 шт., 4x18 Вт

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.126 ПЗ

світла стануть важливим інструментом дизайнера, архітектора, проектувальника.

Люмінесцентні лампи (ЛЛ) - розрядні лампи низького тиску - це циліндрична трубка з електродами, яка наповнена інертним газом і малою кількістю ртуті. При включенні в трубці виникає дуговий розряд, і атоми ртуті починають випромінювати видиме світло і ультрафіолет. Нанесений на стінки трубки люмінофор під дією ультрафіолетових променів випромінює видиме світло.

Люмінесцентні лампи володіють відмінною передачею кольору і світловіддачею. Два варіанти виконання ламп - з трьох-і п'ятиполосний люмінофором мають різне співвідношення цих показників. Лампи з трисмуговим люмінофором більш економічні (світловіддача до 100 Лм / Вт), але мають нижчу продуктивність передачею кольору ($R_a = 80$). Лампи з п'ятиполосний люмінофором мають відмінну передачу кольору при меншій світловій віддачі (до 88 Лм / Вт). Втім, як і лампи розжарювання, люмінесцентні лампи часто незадовільно передають деякі кольори.

Люмінесцентні лампи дають м'який, рівномірне світло, але його розподілом в просторі важко управляти через велику поверхні випромінювання. Для роботи люмінесцентних ламп необхідна спеціальна пускорегулююча апаратура. Лампи довговічні - термін служби до 20 000 годин.

Світлова віддача і термін служби зробили їх найпоширенішими джерелами світла в офісному освітленні.

Світлодіодні лампи - джерела світла, засновані на світлодіодах. Застосовуються для побутового, промислового і вуличного освітлення.

Світлодіодні лампи видають 50-100 люмен на ват. На сьогодні - це кращий показник для джерел штучного освітлення. Енергозбереження світлодіодної лампи в 2-3 рази вище люмінесцентної і в 10-15 разів - лампи розжарювання.

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	17
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Крім того, світлодіодні джерела світла мають низьку тепловіддачу, тому більша частина енергії йде відразу на освітлення. До світлодіодних ламп можна доторкнутися навіть після 10-12 годин безперервної роботи.

Світлодіодні лампи мають високий рівень екологічності, так як для їх виробництва не використовуються шкідливі хімічні компоненти. При експлуатації вони не випромінюють УФ та ІЧ промені, що робить світлодіодне освітлення найбільш безпечним для житлових приміщень.

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	18
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2. Розрахунок навантаження освітлення навчального корпусу

Електричне освітлення навчального корпусу виконується світильниками, які розподіляють рівномірно по кожній окремій фазі трифазної електричної мережі. Тому електричне освітлення можна розглядати як трифазне навантаження [2].

Розрахункове навантаження загального електричного освітлення навчального корпусу визначається *методом коефіцієнта попиту* [4,6,7].

Для цього слід розрахувати номінальне навантаження загального аудиторії $P_{\text{заг.о}}$, яке визначається за формулою

$$P_{\text{заг.о}} = n \cdot p_{\text{п.о}}, \quad (2.1)$$

де n – кількість ламп

$p_{\text{п.о}}$ – номінальна потужність однієї лампи, кВт;

Розрахункове активне навантаження загального освітлення аудиторії визначається так:

$$P_{\text{р.о}} = K_{\text{п.о}} \cdot P_{\text{заг.о}}, \quad (2.2)$$

де $K_{\text{п.о}}$ – коефіцієнт попиту загального освітлення.

Для адміністративно-побутових, інженерно-лабораторних та інших корпусів $K_{\text{п.о}} = 0,8$.

Розрахункове реактивне навантаження загального освітлення аудиторії визначається як

$$Q_{\text{р.о}} = P_{\text{р.о}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_0, \quad (2.3)$$

де $\operatorname{tg} \varphi_0$ – відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos \varphi_0$, прийнятого для газорозрядних ламп рівним $\cos \varphi_0 = 0,92$, для світлодіодних ламп рівним $\cos \varphi_0 = 0,9$, для ламп розжарювання рівним $\cos \varphi_0 = 1,0$.

									19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розрахункове повне навантаження загального освітлення цеху визначається

так:

$$S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2}, \quad (2.4)$$

При цьому розрахунковий струм дорівнює

$$I_{p.o} = \frac{S_{p.o}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (2.5)$$

Результати розрахунків освітлення навчального корпусу 1- го та 2- го поверху наведено у таблиці 2.1.1 та 2.1.2.

Таблиця 2.1.1. Освітлення 1- го поверху

Назва приміщення	Вид ламп	n, шт.	P _{п.о.} , Вт/м ²	Результати розрахунків				
				P _{заг.о.} , кВт	P _{р.о.} , кВт	Q _{р.о.} , кВАр	S _{р.о.} , кВ·А	I _{р.о.} , А
Майстерня №1	Світлодіодна	20	36	0,72	0,58	0,28	0,64	0,97
Ауд. 104	Люмінесцентна	36	36	1,3	1,04	0,45	1,13	1,71
Підсобка	Люмінесцентна	4	18	0,07	0,06	0,02	0,06	0,1
Коридор л.ч.	Люмінесцентна	10	18	0,18	0,2	0,08	0,13	0,19
Ауд. 105	Люмінесцентна	8	36	0,29	0,23	0,1	0,25	0,38
Ауд. 106	Люмінесцентна	18	18	0,44	0,34	0,15	0,38	0,58
Ауд. 102	Люмінесцентна	8	18	0,14	0,12	0,05	0,13	0,19
Ауд. 103	Люмінесцентна	12	18	0,21	0,18	0,07	0,19	0,29
Ауд. 101	Світлодіодна	8	18	0,14	0,12	0,06	0,13	0,19
Охорона	Світлодіодна	3	70	0,24	0,19	0,25	0,2	0,31
Ауд. 108	Люмінесцентна	16	18	0,29	0,23	0,1	0,25	0,38
Ауд. 109	Люмінесцентна	4	36	0,14	0,12	0,05	0,13	0,19

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.126 ПЗ

Продовження табл. 2.1.1

Фоє	Світлодіодна	12	18	0,21	0,18	0,09	0,19	0,29
Ауд. 113	Люмінесцентна	8	18	0,14	0,12	0,05	0,13	0,19
Коридор пр.ч.	Люмінесцентна	10	18	0,18	0,2	0,08	0,13	0,19
Ауд. 112	Люмінесцентна	24	18	0,43	0,35	0,15	0,38	0,57
Ауд. 110	Люмінесцентна	36	18	0,65	0,52	0,22	0,56	0,86
Спорт. Зал	Люмінесцентна	64	18	1,15	0,92	0,39	1,00	1,53
Всього на 1 поверху		324			6,17	2,55	6,71	10,2

Таблиця 2.1.2. Освітлення 2- го поверху

Назва приміщення	Вид ламп	п, шт.	P _{п.о.} , Вт/м ²	Результати розрахунків				
				P _{заг.о.} , кВт	P _{р.о.} , кВт	Q _{р.о.} , кВАр	S _{р.о.} , кВ·А	I _{р.о.} , А
Ауд. 201	Люмінесцентна	24	18	0,43	0,35	0,15	0,38	0,57
Ауд. 202	Люмінесцентна	16	18	0,29	0,23	0,1	0,25	0,38
Ауд. 203	Люмінесцентна	8	18	0,14	0,12	0,05	0,13	0,19
Ауд. 204	Люмінесцентна	16	18	0,29	0,23	0,1	0,25	0,38
Ауд. 205	Люмінесцентна	16	18	0,29	0,23	0,1	0,25	0,38
Ауд. 206	Люмінесцентна	16	18	0,29	0,23	0,1	0,25	0,38
Ауд. 207	Люмінесцентна	16	18	0,29	0,23	0,1	0,25	0,38
Ауд. 208	Люмінесцентна	8	18	0,14	0,12	0,05	0,13	0,19
Ауд. 209	Люмінесцентна	24	18	0,43	0,35	0,15	0,38	0,57
Ауд. 210	Люмінесцентна	16	18	0,29	0,23	0,1	0,25	0,38
Ауд. 211	Люмінесцентна	24	18	0,43	0,35	0,15	0,38	0,57
Коридор	Світлодіодна	10	8	0,08	0,06	0,03	0,07	0,11
Всього на 2 поверсі		194			2,71	1,17	2,96	4,49

3. Розрахунок силових електричних навантажень

Електричне навантаження – це величина, що характеризує споживання електроенергії окремими приймачами чи групою приймачів. При проектуванні систем електропостачання електричне навантаження в основному задають потужністю чи струмом [2].

Розрахункове навантаження – приймається рівним математичному сподіванню максимального навантаження за інтервал часу 30 хв. Необхідне для вибору перерізу струмопровідних частин, номінального струму ЕП, та для визначення втрат потужності та напруги.

Обчислення розрахункових навантажень навчального корпусу на першому рівні електропостачання здійснюється *методом упорядкованих діаграм* [3]. Цей метод є універсальним, але трудомісткий.

Вихідні дані для виконання розрахунку згідно з цим методом є кількість електроприймачів і номінальна потужність кожного з них, які наведені в таб. 3.1 та таб. 3.2.

Таблиця 3.1 – Силові електроприймачі 1-го поверху

Кабінет	Найменування груп ЕП	Кільк. ЕП n, шт.	Номінальна потужність, одного ЕП $p_{ном}$, кВт
107	Кавоварка	1	3
101	Сканер	1	0,4
102	Холодильник "Днепр"	1	0,6
	Принтер	1	0,3
	Сист. блок	3	0,2
	Монітор ЖК Prestigio	2	0,1
	Монітор Samsung	1	0,09

Продовження табл. 3.1

102	Принтер Samsung	1	0,09
106	Чайник	1	2
104	ТМС-50	1	6,5
	Міст 8АМЧ-7Н	1	0,5
	МУП-50	1	36
	Монітор Samsung	1	0,12
	Системний блок	1	0,25
	УМЭ-10ТМ	1	32,65
	МИП-100	1	0,3
	КМ-50-1	1	0,8
	МУИ-6000	1	1
104	Станок ЗИП 2007 Р-05	1	5
	Станок Р-20	1	1
	ТШ-2М	1	0,5
	ТК2	1	0,8
	КМ-50-1	1	0,1
Майстерня №1	Станок токарний	2	0,3
	Станок токарний	1	7,5
	НТФ-110Ш	1	1
	Станок свердильний	1	1,1
	Фрезерний станок	1	3,4
113	Системний блок	2	0,25
	Монітор	2	0,09
	Принтер Canon	1	0,21

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.126 ПЗ

Продовження табл. 3.1

113	Чайник	1	2
Буфет	Холодильник	1	0,8
	Чайник	1	2
	Мікрохвильова піч	1	0,8
112	МУП-20	2	0,18
	ТММ1А	1	0,1

Таблиця 3.2 – Силкові електроприймачі 2-го поверху

Кабінет	Найменування груп ЕП	Кільк. ЕП п, шт.	Номінальна потужність, одного ЕП $p_{ном}$, кВт
201	Чайник	1	2
	Системний блок	1	0,25
	Монітор	1	0,1
	Принтер	1	0,25
202	Обігрівач	1	2
	Телефонна станція	1	0,07
204	Системний блок	1	0,2
	Монітор	1	0,13
205	Монітор Samsung	15	0,11
	Системний блок	16	0,21
	Монітор LG	1	0,07
	Світч	1	0,06
	Проектор	1	0,4

Продовження табл. 3.2

	Системний блок	2	0,15
	Монітор	4	0,12
	Монітор Samsung	1	0,1
	Принтер HP	1	0,4
	Принтер лазерний	1	0,3
	Принтер Canon	1	0,21
	Мікрохвильова піч	1	0,8
	Кулер	1	0,3
	Чайник	1	0,22
209	Проектор	1	0,4
	Мультимедійна дошка	1	0,3
	Кондиціонер	1	2,5
210	Кондиціонер	1	2,5
	Системний блок	1	0,2
	Монітор	1	0,1
211	Чайник	1	2
	Системний блок	1	0,2
	Монітор	1	0,1

У разі підключення однофазного електроприймача на фазну напругу його враховують як еквівалентний трифазний електроприймач із номінальною потужністю, що дорівнює:

$$p_n = 3p_{n.o}; q_n = 3q_{n.o} \quad (3.1)$$

де $p_{n.o}$, $q_{n.o}$ – активна й реактивна номінальні потужності однофазного електроприймача.

Визначення розрахункових навантажень згідно з цим методом виконують у такій послідовності:

- розраховують загальні (установлені) активні номінальні потужності електроприймачів однакових категорій, а також загальні активні потужності електроприймачів, підключених до певного розподільного пристрою (наприклад, шафи розподільної). Для цього використовують формулу (3.2);

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{H_i} \quad (3.2)$$

де n – кількість електроприймачів у групі;

- в технічній та довідковій літературі беруть коефіцієнти використання (k_B) для кожної категорії електроприймачів, а за формулою (3.3) розраховують коефіцієнти використання (K_B) для кожного з розподільних пристроїв структурного підрозділу (дільниці, цеху) або підприємства;

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n (k_{B_i} \cdot p_{H_i})}{\sum_{i=1}^n p_{H_i}} \quad (3.3)$$

- в технічній та довідковій літературі знаходимо коефіцієнти потужності $\cos\varphi$ і знаходимо відповідні їм значення $\operatorname{tg}\varphi$ для електроприймачів однакових категорій, а для визначення сумарних значень $\operatorname{tg}\varphi_{\Sigma}$ на розподільних пристроях використовують формулу:

$$\operatorname{tg}\varphi_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n (K_{B_i} \cdot p_{H_i} \cdot \operatorname{tg}\varphi_i)}{\sum_{i=1}^n K_{B_i} \cdot p_{H_i}} \quad (3.4)$$

- розраховують активні потужності, що використовують ($K_B p_H$);
- розраховують реактивні потужності, що використовують ($K_B p_H \operatorname{tg}\varphi$);
- за формулою (3.5) розраховують ефективну кількість електроприймачів, підключених до кожного з розподільних пристроїв;

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n p_{H_i})^2}{\sum_{i=1}^n p_{H_i}^2} \quad (3.5)$$

в технічній та довідковій літературі знаходимо величини коефіцієнтів розрахункового навантаження K_p ;

Коефіцієнт розрахункових активних навантажень $K_{p,a}$ залежить від ефективного числа ЕП n_e , групового коефіцієнта використання активної потужності K_B та сталої часу нагрівання мережі $T_0 = 10$ хв [3].

- визначають розрахункову активну потужність за формулою, кВт:

$$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n K_B \cdot P_H; \quad (3.6)$$

- визначають розрахункову реактивну потужність у такий спосіб, кВАр:

– для мереж I рівня залежно від значення n_e :

$$\text{при } n_e \leq 10 \quad Q_p = 1,1 \sum k_B \cdot p_H \cdot tg\varphi_i; \quad (3.7)$$

$$\text{при } n_e > 10 \quad Q_p = \sum k_B \cdot p_H \cdot tg\varphi_i; \quad (3.8)$$

де $tg\varphi_i$ – коефіцієнт реактивної потужності i -го електроприймача, що розраховують відповідно до відповідних значень $\cos \varphi$

- визначають повну розрахункову потужність за формулою, кВА:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (3.9)$$

- визначають величину розрахункового струму, за якою вибирають переріз провідників за допустимим нагріванням, за формулою, А:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (3.10)$$

Отримані за формулами (3.1) – (3.10) результати розрахунків для ЕП 1-го та 2-го поверху навчального корпусу наводяться в таблиці 3.3 та таблиці 3.4 .

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку електричних навантажень 1-го поверху

Назва ЕП	однофазний/ трифазний	n, шт	Номинальна потужність		К-т використання, К _в	Коефіцієнти потужності		К _в *P _н	К _в *P _н *tgφ	n _е	K _p	P _p	Q _p	S _p	I _p
			одного р _н , Вт	Загаль на P _н , кВт		cosφ	tgφ								
Кавоварка	Однофазний	1	6000	6	0,70	0,20	0,98	4,20	0,84						
<i>Всього по ауд. 107</i>		<i>1</i>		<i>6</i>	<i>0,70</i>			<i>1,40</i>	<i>0,28</i>	<i>1</i>	<i>1,14</i>	<i>1,6</i>	<i>0,31</i>	<i>1,63</i>	<i>2,47</i>
Сканер	Однофазний	1	1200	1,2	0,20	0,70	1,02	0,24	0,24						
<i>Всього по ауд. 101</i>		<i>1</i>		<i>1,2</i>	<i>0,20</i>			<i>0,24</i>	<i>0,24</i>	<i>1</i>	<i>4</i>	<i>0,96</i>	<i>0,27</i>	<i>1,00</i>	<i>1,51</i>
Холодильник "Днепр"	Однофазний	1	1800	1,8	0,60	0,75	0,88	1,08	0,95						
Принтер	Однофазний	1	900	0,9	0,20	0,50	1,73	0,18	0,31						
Системний блок	Однофазний	1	600	0,6	0,30	0,42	2,16	0,18	0,39						
Системний блок	Однофазний	1	600	0,6	0,30	0,77	0,83	0,18	0,15						
Системний блок	Однофазний	1	600	0,6	0,30	0,64	1,20	0,18	0,22						
Монітор ЖК Prestigio	Однофазний	1	300	0,3	0,30	0,58	1,40	0,09	0,13						
Монітор ЖК Prestigio	Однофазний	1	300	0,3	0,30	0,45	1,98	0,09	0,18						
Монітор Samsung	Однофазний	1	270	0,27	0,30	0,58	1,40	0,08	0,11						
Принтер Samsung	Однофазний	1	270	0,27	0,20	0,62	1,27	0,05	0,07						
<i>Всього по ауд. 102</i>		<i>9</i>		<i>5,64</i>	<i>0,38</i>		<i>1,18</i>	<i>2,12</i>	<i>2,50</i>	<i>6</i>	<i>1,18</i>	<i>2,50</i>	<i>2,75</i>	<i>3,72</i>	<i>5,65</i>
Чайник	Однофазний	1	6000	6	0,70	0,99	0,14	4,20	0,60						
<i>Всього по ауд. 106</i>		<i>1</i>		<i>6</i>	<i>0,70</i>			<i>4,20</i>	<i>0,60</i>	<i>1</i>	<i>1,14</i>	<i>4,79</i>	<i>0,66</i>	<i>4,83</i>	<i>7,34</i>
ТМС-50	Трифазний	1	6500	6,5	0,14	0,45	1,95	0,91	1,77						
Міст 8АМЧ-7Н	Однофазний	1	1500	1,5	0,14	0,45	1,95	0,21	0,41						
МУП-50	Трифазний	1	36000	36	0,14	0,83	0,67	5,04	3,38						
Монітор Samsung	Однофазний	1	360	0,36	0,30	0,55	1,52	0,11	0,16						
Системний блок	Однофазний	1	750	0,75	0,30	0,46	1,93	0,23	0,43						
УМЭ-10ТМ	Трифазний	1	32650	32,65	0,14	0,56	1,48	4,57	6,77						
МИП-100	Трифазний	1	300	0,3	0,14	0,74	0,91	0,04	0,04						

МР 3.8.141.126 ПЗ

Зм.

Арк.

№ докум.

Гідпис

Дата

28

Арк.

Продовження табл. 3.3

КМ-50-1	Трифазний	1	800	0,8	0,14	0,81	0,72	0,11	0,08							
МУИ-6000	Однофазний	1	3000	3	0,14	0,77	0,83	0,42	0,35							
Станок ЗИП 2007 Р-05	Трифазний	1	5000	5	0,14	0,68	1,08	0,70	0,76							
Станок Р-20	Трифазний	1	1000	1	0,14	0,79	0,78	0,14	0,11							
ТШ-2М	Однофазний	1	1500	1,5	0,14	0,82	0,70	0,21	0,15							
ТК2	Однофазний	1	2400	2,4	0,14	0,81	0,72	0,34	0,24							
КМ-50-1	Однофазний	1	300	0,3	0,14	0,73	0,94	0,04	0,04							
<i>Всього по ауд. 104</i>		<i>14</i>		<i>92,06</i>	<i>0,14</i>			<i>13,07</i>	<i>14,69</i>	<i>3</i>	<i>2,95</i>	<i>38,54</i>	<i>16,15</i>	<i>41,79</i>	<i>63,50</i>	
Станок токарний	Трифазний	1	300	0,3	0,13	0,45	1,98	0,04	0,08							
Станок токарний	Трифазний	1	300	0,3	0,13	0,45	1,98	0,04	0,08							
Станок токарний	Трифазний	1	7500	7,5	0,13	0,45	1,98	0,98	1,93							
НТФ-110Ш	Однофазний	1	3000	3	0,14	0,45	1,98	0,42	0,83							
Станок свердильний	Однофазний	1	3300	3,3	0,13	0,45	1,98	0,43	0,85							
Фрезерний станок	Трифазний	1	3400	3,4	0,13	0,45	1,98	0,44	0,88							
<i>Всього по майстерні</i>		<i>6</i>		<i>17,8</i>	<i>0,13</i>			<i>2,34</i>	<i>4,64</i>	<i>4</i>	<i>2,68</i>	<i>6,28</i>	<i>5,11</i>	<i>8,09</i>	<i>12,30</i>	
Системний блок	Однофазний	1	750	0,75	0,30	0,95	0,33	0,23	0,07							
Системний блок	Однофазний	1	750	0,75	0,30	0,95	0,33	0,23	0,07							
Монітор	Однофазний	1	270	0,27	0,30	0,95	0,33	0,08	0,03							
Монітор	Однофазний	1	270	0,27	0,30	0,95	0,33	0,08	0,03							
Принтер Canon	Однофазний	1	630	0,63	0,20	0,95	0,33	0,13	0,04							
Чайник	Однофазний	1	6000	6	0,70	0,99	0,14	4,20	0,60							
<i>Всього по ауд. 113</i>		<i>6</i>		<i>8,67</i>	<i>0,57</i>			<i>4,94</i>	<i>0,84</i>	<i>2</i>	<i>1,42</i>	<i>7,01</i>	<i>0,92</i>	<i>7,07</i>	<i>10,75</i>	
Холодильник	Однофазний	1	2400	2,4	0,60	0,75	0,88	1,44	1,27							
Чайник	Однофазний	1	6000	6	0,70	0,99	0,14	4,20	0,60							
Мікрохвильова піч	Однофазний	1	2400	2,4	0,65	0,75	0,88	1,56	1,38							
<i>Всього по буфету</i>		<i>3</i>		<i>10,8</i>	<i>0,67</i>			<i>7,20</i>	<i>3,24</i>	<i>2</i>	<i>1,41</i>	<i>10,15</i>	<i>3,57</i>	<i>10,76</i>	<i>16,35</i>	
МУП-20	Однофазний	1	540	0,54	0,14	0,80	0,75	0,08	0,06							
МУП-20	Однофазний	1	540	0,54	0,14	0,80	0,75	0,08	0,06							
ТММ1А	Однофазний	1	300	0,3	0,14	0,80	0,75	0,04	0,03							
<i>Всього по ауд. 112</i>		<i>3</i>		<i>1,38</i>	<i>0,14</i>			<i>0,19</i>	<i>0,14</i>	<i>3</i>	<i>2,97</i>	<i>0,57</i>	<i>0,16</i>	<i>0,60</i>	<i>0,90</i>	
<i>Всього по 1 поверху</i>		<i>44</i>		<i>149,55</i>	<i>0,26</i>			<i>38,50</i>	<i>27,18</i>	<i>1</i>	<i>2,9</i>	<i>117,81</i>	<i>32,45</i>	<i>122,2</i>	<i>185,66</i>	

МР 3.8.141.126 ПЗ

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

29

Арк.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку електричних навантажень 2- го поверху

Назва ЕП	однофазний/ трифазний	n, шт	Номинальна потужність		К-т використання, K_B	Коефіцієнти потужності		$K_B * P_n$	$K_B * P_n * tg\varphi$	n_e	K_p	P_p	Q_p	S_p	I_p
			одного P_n , Вт	Загаль на P_n , кВт		$\cos\varphi$	$tg\varphi$								
Чайник	Однофазний	1	6000	6	0,70	0,99	0,14	4,20	0,60						
Системний блок	Однофазний	1	750	0,75	0,30	0,77	0,83	0,23	0,19						
Монітор	Однофазний	1	300	0,3	0,30	0,77	0,83	0,09	0,07						
Принтер	Однофазний	1	750	0,75	0,20	0,95	0,33	0,15	0,05						
<i>Всього по ауд. 201</i>		<i>4</i>		<i>7,8</i>	<i>0,60</i>			<i>4,67</i>	<i>0,91</i>	<i>2</i>	<i>1,33</i>	<i>6,20</i>	<i>1,00</i>	<i>6,28</i>	<i>9,55</i>
Обігрівач	Однофазний	1	6000	6	0,60	0,75	0,88	3,60	3,17						
Телефонна станція	Однофазний	1	210	0,21	0,45	0,56	1,48	0,09	0,14						
<i>Всього по ауд. 202</i>		<i>2</i>		<i>6,21</i>	<i>0,59</i>			<i>3,69</i>	<i>3,17</i>	<i>1</i>	<i>1,31</i>	<i>4,84</i>	<i>3,48</i>	<i>5,96</i>	<i>9,06</i>
Системний блок	Однофазний	1	600	0,6	0,30	0,42	2,16	0,18	0,39						
Монітор	Однофазний	1	390	0,39	0,30	0,58	1,40	0,12	0,16						
<i>Всього по ауд. 204</i>		<i>2</i>		<i>0,99</i>	<i>0,30</i>		<i>1,86</i>	<i>0,30</i>	<i>0,55</i>	<i>2</i>	<i>2,45</i>	<i>0,73</i>	<i>0,61</i>	<i>0,95</i>	<i>1,44</i>
Монітор Samsung	Однофазний	15	330	4,95	0,30	0,77	0,83	1,49	1,23						
Системний блок	Однофазний	16	630	10,08	0,30	0,77	0,83	3,02	2,51						
Монітор LG	Однофазний	1	210	0,21	0,30	0,77	0,83	0,06	0,05						
Світч	Однофазний	1	180	0,18	0,45	0,74	0,91	0,08	0,07						
Проектор	Однофазний	1	1200	1,2	0,30	0,77	0,83	0,36	0,30						
<i>Всього по ауд. 205</i>		<i>34</i>		<i>16,62</i>	<i>0,30</i>			<i>5,01</i>	<i>4,17</i>	<i>2</i>	<i>2,45</i>	<i>12,28</i>	<i>4,58</i>	<i>13,11</i>	<i>19,92</i>
Системний блок	Однофазний	3	600	1,8	0,30	0,95	0,33	0,54	0,18						
Системний блок	Однофазний	2	450	0,9	0,30	0,95	0,33	0,27	0,09						
Монітор	Однофазний	4	360	1,44	0,30	0,95	0,33	0,43	0,14						
Монітор Samsung	Однофазний	1	300	0,3	0,30	0,95	0,33	0,09	0,03						
Принтер HP	Однофазний	1	1200	1,2	0,20	0,62	1,27	0,24	0,30						

МР 3.8.141.126 ПЗ

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

30

Арк.

Зм.	
Арк.	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
МР 3.8.141.126 ПЗ	
Арк.	31

Продовження табл. 3.4

Принтер лазерний	Однофазний	1	900	0,9	0,20	0,62	1,27	0,18	0,23							
Принтер Сапон	Однофазний	1	630	0,63	0,20	0,95	0,33	0,13	0,04							
Мікрохвильовка	Однофазний	1	2400	2,4	0,65	0,75	0,88	1,56	1,38							
Кулер	Однофазний	1	900	0,9	0,60	0,98	0,20	0,54	0,11							
Чайник	Однофазний	1	6600	6,6	0,70	0,99	0,14	4,62	0,66							
<i>Всього по ауд. 207</i>		<i>16</i>		<i>17,07</i>	<i>0,50</i>			<i>8,60</i>	<i>3,15</i>	<i>5</i>	<i>1,15</i>	<i>9,89</i>	<i>3,47</i>	<i>10,48</i>	<i>15,92</i>	
Проектор	Однофазний	1	1200	1,2	0,30	0,77	0,83	0,36	0,30							
Мультимедійна	Однофазний	1	900	0,9	0,70	0,95	0,33	0,63	0,21							
Кондиціонер	Однофазний	1	7500	7,5	0,50	0,85	0,62	3,75	2,33							
<i>Всього по ауд. 209</i>		<i>3</i>		<i>9,6</i>	<i>0,49</i>			<i>4,74</i>	<i>2,83</i>	<i>2</i>	<i>1,58</i>	<i>7,49</i>	<i>3,11</i>	<i>8,11</i>	<i>12,32</i>	
Кондиціонер	Однофазний	1	7500	7,5	0,50	0,85	0,62	3,75	2,33							
Системний блок	Однофазний	1	600	0,6	0,30	0,95	0,33	0,18	0,06							
Монітор	Однофазний	1	300	0,3	0,30	0,95	0,33	0,09	0,03							
<i>Всього по ауд. 210</i>		<i>3</i>		<i>8,4</i>	<i>0,48</i>			<i>4,02</i>	<i>2,41</i>	<i>1</i>	<i>1,56</i>	<i>6,27</i>	<i>2,66</i>	<i>6,81</i>	<i>10,35</i>	
Чайник	Однофазний	1	6000	6	0,70	0,99	0,14	4,20	0,60							
Системний блок	Однофазний	3	600	1,8	0,30	0,95	0,33	0,54	0,18							
Монітор	Однофазний	3	300	0,9	0,30	0,95	0,33	0,27	0,09							
<i>Всього по ауд. 211</i>		<i>7</i>		<i>8,7</i>	<i>0,58</i>			<i>5,01</i>	<i>0,86</i>	<i>2</i>	<i>1,38</i>	<i>6,91</i>	<i>0,95</i>	<i>6,98</i>	<i>10,60</i>	
<i>Всього по 2 поверху</i>		<i>71</i>		<i>75,39</i>	<i>0,48</i>			<i>36,04</i>	<i>18,06</i>	<i>1</i>	<i>2,9</i>	<i>107,22</i>	<i>21,04</i>	<i>109,26</i>	<i>166,00</i>	

4. Вибір перерізу провідників

Основною умовою вибору перерізу провідників є величина нагрівання їх електричним струмом у нормальному, форсованому, і аварійному режимах. Якщо температура нагрівання перевищить допустиму, то залежно від величини перевищення й тривалості часу елемент може бути пошкоджений, що спричинить порушення нормальної роботи системи, а в гіршому випадку (загорання ізоляції) може привести до пожежі.

Тому для всіх видів провідників та умов їх застосування головним у виборі перерізу є нагрівання, яке визначається двома ефектами теплового впливу: максимально допустимою температурою та тепловим зносом ізоляції для даного режиму й класу ізоляції [2].

4.1. Вибір перерізу провідників розподільної мережі напругою до 1 кВ

В електричних мережах напругою до 1 кВ переріз провуду(кабелю) розподільних мереж завжди вибирають за умовою нагрівання в нормальному режимі за формулою

$$I'_{\text{доп}} \geq I_{p.1}, \quad (4.1)$$

де $I_{p.1}$ – розрахунковий струм 1-го рівня електропостачання(номінальний струм ЕП аудиторії);

Допустимий тривалий струм для кабелів з урахуванням умов прокладання та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері визначається з урахуванням поправкового коефіцієнта $K_{\text{попр}}$ так:

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{нопр}} \cdot I_{\text{доп}}, \text{ А}, \quad (4.2)$$

де $K_{\text{нопр}} = 0,92$ [2].

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Для кабелів, прокладених у повітрі всередині або поза цехом, за будь-якої їх кількості поправковий коефіцієнт $K_{np} = 1$, нормована температура $T_{сер.н} = 25$ °С.

Допустимий тривалий струм для проводів $I_{доп}$ з полівінілхлоридною ізоляцією з алюмінієвими жилами залежно від перерізу, способу прокладання, кількості проводів у трубі наводиться в табл. 1.3.5 ПУЕ.

Вибір перерізу лише за умов допустимого нагрівання призводить до великих втрат активної потужності та значних втрат напруги. Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести всі перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за умов допустимої втрати напруги та відповідності до захисного апарата.

Втрата напруги в проводах у відсотках визначається як

$$\Delta U_{кб} = \frac{p_{p.1} \cdot R_{пр} + q_{p.1} \cdot X_{пр}}{10 \cdot U_{ном}^2}, \% \quad (4.3)$$

де $p_{p.1}$ і $q_{p.1}$ – максимальні розрахункові активні і реактивні навантаження 2-го рівня електропостачання відповідно, кВт і квар;

$R_{кб}$ і $X_{кб}$ – активний і реактивний опори проводів відповідно, Ом;

$U_{ном}$ – номінальна напруга електричної мережі, кВ;

Активний і реактивний опори проводів обчислюють за формулами

$$R_{пр} = r_{п} \cdot l_{пр}, \quad (4.4)$$

$$X_{пр} = x_{п} \cdot l_{пр}, \quad (4.5)$$

де $r_{п}$ і $x_{п}$ – активний і реактивний питомі опори кабелю відповідно, Ом/км[2]

$l_{кб}$ – довжина проводу, км.

Результати розрахунків наводяться в таблиці 4.1 та 4.2

Таблиця 4.1 – Вибір перерізу проводів розподільчої мережі від силових щитків до приміщень 1-го поверху

Провід до ЕП	$S_{ст}, мм^2$	$I'_{доп}, А$	$I_{p.1}, А$	$\Delta U_{кб}, \%$	Тип проводу
Ауд. 107	2,5	16,43	2,47	0,55	АВВГ(4×2,5)
Ауд.101	2,5	16,43	1,51	0,3	АВВГ(4×2,5)

Продовження табл. 4.1

Ауд.102	2,5	16,43	6,65	0,33	АВВГ(4×2,5)
Ауд. 106	2,5	16,43	7,34	0,63	АВВГ(4×2,5)
Ауд. 104	25	64,86	63,5	0,17	АВВГ(4×25)
Майстерня №1	2,5	16,43	12,3	1,1	АВВГ(4×2,5)
Ауд. 113	2,5	16,43	0,9	0,2	АВВГ(4×2,5)
Буфет	2,5	16,43	16,35	4,4	АВВГ(4×2,5)
Ауд. 112	2,5	16,43	0,9	0,17	АВВГ(4×2,5)

Для приміщень (охорона, ауд.105, підсобка, ауд.108, ауд.109, ауд. 110, спорт. зал, роздягальня, вхід до спортзалу, ауд. 115, комора, головний вхід) в яких є розетки 220В, але немає даних про ЕП ми також обираємо провід типу АВВГ(4×2,5).

Таблиця 4.2 – Вибір перерізу проводів розподільчої мережі від силових щитків до приміщень 2- го поверху

Провід до ЕП	$S_{ст}, мм^2$	$I'_{дон} A$	$I_{р.1}, A$	$\Delta U_{кб}, \%$	Тип проводу
Ауд. 201	2,5	16,43	9,55	0,81	АВВГ(4×2,5)
Ауд.202	2,5	16,43	9,06	0,97	АВВГ(4×2,5)
Ауд.204	2,5	16,43	1,44	0,11	АВВГ(4×2,5)
Ауд. 205	4	23,35	19,92	0,97	АВВГ(4×4)
Ауд. 207	2,5	16,43	15,92	2,23	АВВГ(4×25)
Ауд. 209	2,5	16,43	12,32	1,37	АВВГ(4×2,5)
Ауд. 210	2,5	16,43	10,35	0,98	АВВГ(4×2,5)
Ауд. 211	2,5	16,43	10,6	1,38	АВВГ(4×2,5)

4.2. Електротехнічний розрахунок освітлювальних мереж

Провідники освітлювальних мереж, обрані за конструктивним виконанням, повинні задовольняти вимогам механічної міцності, умовам нагрівання і допустимих втрат напруги.

З огляду на велику довжину мереж електричного освітлення і незначного струмового навантаження на них відносно довгостроково припустимого струму, основним при виборі перетинів провідників є розрахунок їх за втратами напруги.

Допустимі втрати напруги в освітлювальних мережах визначаються, виходячи з необхідності мати у джерел світла величини напруги не нижче певних значень.

Згідно ПУЕ зниження напруги в найбільш віддалених ламп повинно бути не більше 5 %. Підвищення напруги у ламп повинно бути не більше 105 % від номінального. Таким чином, перетини проводів освітлювальної мережі повинні бути вибрані з урахуванням вищесказаного.

Існує метод розрахунку перетинів на мінімум провідникового матеріалу, що одночасно враховує як умови втрат напруги, так і умови мінімуму наведених витрат на створення мережі освітлення.

Величина передбачених (допустимих) втрат напруги в мережі визначається з виразу:

$$\Delta U_D = U_{\max} - \Delta U_T - U_{\min}, \quad (4.6)$$

де $U_{x,x}$ – максимальне допустиме значення напруги при холостому ході трансформатора у відсотках від номінального, приймається таким, що дорівнює 105 %;

U_{\min} – мінімальне допустиме значення напруги у самого віддаленого світильника у відсотках від номінального, приймається таким, що дорівнює 97.5 %;

ΔU_T – втрата напруги у трансформатора, що живить мережу, приведена до вторинної напруги, %.

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Втрата напруги ΔU_T залежить від потужності трансформатора, його завантаження, коефіцієнта потужності електроприймачів живлення і визначається з достатнім наближенням за формулою:

$$\Delta U_T = \beta (U_{a.m} \cos \varphi + U_{p.m} \sin \varphi), \quad (4.7)$$

де β – коефіцієнт завантаження трансформатора;

$U_{a.T}$ і $U_{p.T}$ – активна й реактивна складові напруги короткого замикання трансформатора, %;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності на затискачах вторинної обмотки трансформатора.

Значення $U_{a.T}$ та $U_{p.T}$ визначаються такими рівняннями:

$$U_{a.m} = (\Delta P_k / S_n) \cdot 100\%, \quad (4.8)$$

$$U_{p.m} = \sqrt{U_k^2 - U_{a.m}^2}, \quad (4.9)$$

де P_k – втрати короткого замикання, кВт;

S_n – номінальна потужність трансформатора, кВ·А;

U_k – напруга короткого замикання, %.

Для кожної ділянки мережі розраховуємо момент навантаження за формулою:

$$M_i = P_i \cdot L_i, \text{ кВт} \cdot \text{м} \quad (4.10)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.3 та 4.4.

Таблиця 4.3 – Моменти навантаження окремих ділянок 1-го поверху

i	P_i , кВт	L_i , м	M_i , кВт·м
Майстерня №1	0,58	20	11,6
Ауд. 104	1,04	10	10,4
Підсобка	0,06	15	0,9
Майстерня №2	0,58	20	11,6
Коридор л.ч.	0,18	5	0,9

Продовження табл. 4.3

Ауд. 105	0,23	7	1,61
Ауд. 106	0,34	6	2,04
Ауд. 102	0,12	10	1,2
Ауд. 103	0,18	10	1,8
Ауд. 101	0,12	15	1,8
Охорона	0,19	30	5,7
Ауд. 108	0,23	5	1,15
Ауд. 109	0,12	5	0,6
Фоє	0,18	15	2,7
Ауд. 113	0,12	17	2,04
Коридор пр. ч.	0,18	8	1,44
Ауд. 112	0,35	10	3,5
Ауд. 110	0,52	8	4,16
Спорт. Зал	0,92	10	9,2
ЩО-1	2,26	50	113
ЩО-2	1,36	60	81,6
ЩО-3	0,83	55	45,65
ЩО-4	1,79	30	53,7
ЩРО	6,24	145	904,8

Таблиця 4.4 – Моменти навантаження окремих ділянок 2- го поверху

i	P_i , кВт	L_i , м	M_i , кВт·м
Ауд. 201	0,35	10	3,5
Ауд. 202	0,23	13	2,99
Ауд. 203	0,12	17	2,04
Ауд. 204	0,23	16	3,68
Ауд. 205	0,23	25	5,75

Продовження табл. 4.4

Ауд. 206	0,23	8	1,84
Ауд. 207	0,23	7	1,61
Ауд. 208	0,12	10	1,2
Ауд. 209	0,35	8	2,8
Ауд. 210	0,23	15	3,45
Ауд. 211	0,35	6	2,1
Коридор	0,06	5	0,3
ЩО-1	1,74	80	139,2
ЩО-2	0,99	110	108,9
ЩРО	2,73	145	395,85

Приведений момент навантаження для ділянки:

$$M_{\text{пр},i} = \sum M + \sum \alpha m , \quad (4.11)$$

де α – коефіцієнт приведення моментів (з довідникових матеріалів).

Потрібний переріз жил кабелю для ділянки:

$$S_i' = M_{\text{пр}i} / (C_i \cdot \Delta U_i) , \quad (4.12)$$

де C – коефіцієнт, що залежить від матеріалу провідника, номінальної напруги і кількості проводів на ділянці мережі(з довідникових матеріалів).

Дійсна втрата напруги на ділянці:

$$\Delta U_i = M_i / (C_i \cdot S_i) , \quad (4.13)$$

Розрахункові втрати напруги для наступних ділянок

$$\Delta U_i = \Delta U_{i-1} - \Delta U_{ii} , \quad (4.14)$$

Визначаємо дійсні втрати напруги на цехових ділянках

Формула для розрахунку:

$$\Delta U_i = M_i / (C_i \cdot S_i) , \quad (4.15)$$

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Результати розрахунку заносимо в таблицю 4.5 та 4.6.

Таблиця 4.5 – Розрахунок перерізів жил провідників та дійсних втрат напруги 1-го поверху

i	M_i , кВт·м	C_i	$\Delta U_{роз.i}$, %	S'_i , мм ²	S_i , мм ²	ΔU_i , %
Майстерня №1	11,6	19,5	1,33	0,45	2,5	0,53
Ауд. 104	10,4	19,5	1,33	0,4	2,5	0,47
Підсобка	0,9	19,5	1,33	0,035	2,5	0,041
Майстерня №2	11,6	19,5	1,33	0,45	2,5	0,53
Коридор л.ч.	0,9	19,5	1,62	0,029	2,5	0,041
Ауд. 105	1,61	19,5	1,62	0,051	2,5	0,073
Ауд. 106	2,04	19,5	1,62	0,065	2,5	0,093
Ауд. 102	1,2	19,5	1,62	0,038	2,5	0,055
Ауд. 103	1,8	19,5	1,62	0,057	2,5	0,082
Ауд. 101	1,8	19,5	1,62	0,057	2,5	0,082
Охорона	5,7	19,5	1,62	0,18	2,5	0,26
Ауд. 108	1,15	19,5	1,94	0,03	2,5	0,052
Ауд. 109	0,6	19,5	1,94	0,019	2,5	0,027
Фое	2,7	19,5	1,94	0,086	2,5	0,13
Ауд. 113	2,04	19,5	1,94	0,065	2,5	0,093

Продовження табл. 4.5

Коридор пр.ч.	1,44	19,5	1,94	0,046	2,5	0,066
Ауд. 112	3,5	19,5	1,26	0,1	2,5	0,16
Ауд. 110	4,16	19,5	1,26	0,13	2,5	0,19
Спорт. Зал	9,2	19,5	1,26	0,29	2,5	0,42

Таблиця 4.6 – Розрахунок перерізів жил провідників та дійсних втрат напруги 2-го поверху

i	M_i , кВт·м	C_i	$\Delta U_{роз.i}$, %	S'_i , мм ²	S_i , мм ²	ΔU_i , %
Ауд. 201	3,5	19,5	2,64	0,068	2,5	0,16
Ауд. 202	2,99	19,5	2,64	0,058	2,5	0,14
Ауд. 203	2,04	19,5	2,64	0,04	2,5	0,093
Ауд. 204	3,68	19,5	2,64	0,072	2,5	0,17
Ауд. 205	5,75	19,5	2,64	0,1	2,5	0,26
Ауд. 206	1,84	19,5	2,64	0,032	2,5	0,084
Ауд. 207	1,61	19,5	2,91	0,028	2,5	0,073
Ауд. 208	1,2	19,5	2,91	0,021	2,5	0,055
Ауд. 209	2,8	19,5	2,91	0,049	2,5	0,13
Ауд. 210	3,45	19,5	2,91	0,061	2,5	0,16

Продовження табл. 4.6

Ауд. 211	2,1	19,5	2,64	0,037	2,5	0,096
Коридор	0,3	19,5	2,91	0,005	2,5	0,014

для визначення розрахункових струмів окремих ділянок використовуємо формули (4.16) та (4.17) :

- для чотирипровідних мереж

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3}U_{л} \cos \varphi}, \text{ А} \quad (4.16)$$

- для трипровідних мереж:

$$I_p = \frac{P}{2U_{\phi} \cos \varphi}, \text{ А} \quad (4.17)$$

Результати розрахунків заносимо в таблиці 4.7 та 4.8.

Таблиця 4.7 – Розрахункові значення струмів окремих ділянок 1-го поверху

<i>i</i>	P_i , кВт	I_{pi} , А
Майстерня №1	0,58	1,65
Ауд. 104	1,04	2,95
Підсобка	0,06	0,17
Майстерня №2	0,58	1,65
Коридор л.ч.	0,18	0,51
Ауд. 105	0,23	0,65
Ауд. 106	0,34	0,97
Ауд. 102	0,12	0,34
Ауд. 103	0,18	0,51
Ауд. 101	0,12	0,34
Охорона	0,19	0,54

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Продовження табл. 4.7

Ауд. 108	0,23	0,65
Ауд. 109	0,12	0,34
Фое	0,18	0,51
Ауд. 113	0,12	0,34
Коридор пр.ч.	0,18	0,51
Ауд. 112	0,35	0,99
Ауд. 110	0,52	1,48
Спорт. Зал	0,92	2,61
ЩО-11	2,26	4,29
ЩО-12	1,36	2,58
ЩО-13	0,83	1,58
ЩО-14	1,79	3,4
ЩРО-1	6,24	11,85

Таблиця 4.8 – Розрахункові значення струмів окремих ділянок 2-го поверху

i	P_i , кВт	I_{pi} , А
Ауд. 201	0,35	0,99
Ауд. 202	0,23	0,65
Ауд. 203	0,12	0,34
Ауд. 204	0,23	0,65
Ауд. 205	0,23	0,65
Ауд. 206	0,23	0,65
Ауд. 207	0,23	0,65
Ауд. 208	0,12	0,34
Ауд. 209	0,35	0,99
Ауд. 210	0,23	0,65
Ауд. 211	0,35	0,99

Продовження табл. 4.8

Коридор	0,06	0,17
ЩО-21	1,74	3,3
ЩО-22	0,99	1,88
ЩРО-2	2,73	5,18

При виборі допустимих значень струмів використовуємо додаток Г [3].

Результати вибору заносимо в таблицю 4.9 та таблицю 4.10.

Таблиця 4.9 – Вибір провідників та допустимих значень струмів для ділянок до ЩО та ЩРО 1- го поверху

<i>i</i>	ЩРО-1	ЩО-11	ЩО-12	ЩО-13	ЩО-14
Вид провідника	Кабель чотири-жильний з алюмінієвими жилами	Кабель чотири-жильний з алюмінієвими жилами	Кабель чотири-жильний з алюмінієвими жилами	Кабель чотири-жильний з алюмінієвими жилами	Кабель чотири-жильний з алюмінієвими жилами
Спосіб прокладення	У повітрі	У повітрі	У повітрі	У повітрі	У повітрі
$S_i, \text{мм}^2$	4	2,5	2,5	2,5	2,5
I_{pi}, A	11,85	4,29	2,58	1,58	3,4
I_{don}, A	$27 \cdot 0,92 = 25$	$19 \cdot 0,92 = 17$	$19 \cdot 0,92 = 17$	$19 \cdot 0,92 = 17$	$19 \cdot 0,92 = 17$

Таблиця 4.10 – Вибір провідників та допустимих значень струмів для ділянок до ЩО та ЩРО 2- го поверху

<i>i</i>	ЩРО-2	ЩО-21	ЩО-22
Вид провідника	Кабель чотирижильний з алюмінієвими жилами	Кабель чотири-жильний з алюмінієвими жилами	Кабель чотири-жильний з алюмінієвими жилами

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Продовження табл. 4.10

Спосіб прокладення	У повітрі	У повітрі	У повітрі
$S_i, \text{мм}^2$	2,5	2,5	2,5
$I_{pi}, \text{А}$	5,18	3,3	1,88
$I_{дон}, \text{А}$	$19 \cdot 0,92 = 17$	$19 \cdot 0,92 = 17$	$19 \cdot 0,92 = 17$

Таблиця 4.11 – Вибір провідників та допустимих значень струмів для приміщень 1-го поверху

i	Вид провідника	Спосіб прокладення	$S_i, \text{мм}^2$	$I_{pi}, \text{А}$	$I_{дон}, \text{А}$
Майстерня №1	Провід з полівінілхлоридною ізоляцією	відкрито	2,5	1,65	21
Ауд. 104			2,5	2,95	19
Підсобка			2,5	0,17	19
Майстерня №2			2,5	1,65	19
Коридор л.ч.			2,5	0,51	19
Ауд. 105	Провід з полівінілхлоридною ізоляцією	відкрито	2,5	0,65	19
Ауд. 106			2,5	0,97	19

Продовження табл. 4.11

Ауд. 102			2,5	0,34	19
Ауд. 103			2,5	0,51	19
Ауд. 101			2,5	0,34	19
Охорона			2,5	0,54	19
Ауд. 108			2,5	0,65	19
Ауд. 109			2,5	0,34	19
Фое			2,5	0,51	19
Ауд. 113			2,5	0,34	19
Коридор пр.ч.			2,5	0,51	19
Ауд. 112			2,5	0,99	19
Ауд. 110			2,5	1,48	19
Спорт. Зал			2,5	2,61	19

Таблиця 4.12 – Вибір провідників та допустимих значень струмів для приміщень 2- го поверху

i	Вид провідника	Спосіб прокладення	$S_i, \text{мм}^2$	$I_{pi}, \text{А}$	$I_{дон}, \text{А}$
Ауд. 201	Провід з полівінілхлоридною ізоляцією	відкрито	2,5	0,99	19
Ауд. 202			2,5	0,65	19
Ауд. 203			2,5	0,34	19
Ауд. 204			2,5	0,65	19
Ауд. 205			2,5	0,65	19
Ауд. 206	Провід з полівінілхлоридною ізоляцією	відкрито	2,5	0,65	19
Ауд. 207			2,5	0,65	19
Ауд. 208			2,5	0,34	19
Ауд. 209			2,5	0,99	19
Ауд. 210			2,5	0,65	19
Ауд. 211			2,5	0,99	19
Коридор			2,5	0,17	19

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.126 ПЗ

Арк.

46

Умова $I_{дон} \geq I_p$ для всіх ділянок освітлювальної мережі виконується – перевірка вибраних перерізів провідників за допустимим нагріванням є задовільною.

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
						47
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5. Розрахунок струмів короткого замикання

Коротке замикання (КЗ) – це аварійний режим, це випадкове або непередбачене нормальним режимом праці електричне з'єднання різних частин електроустановки між собою або землею, при якому струми в електричних мережах різко підвищуються, перебільшуючи найбільший допустимий струм тривалого режиму.

Розрахунок струмів короткого замикання виконується для вибору основних апаратів та струмоведучих частин розподільчих пристроїв підстанції, перевірки їх на стійкість дії струмів короткого замикання, для обґрунтування обраних засобів захисту елементів підстанції.

Головними причинами виникнення таких коротких замикань в мережі можуть бути: ушкодження ізоляції окремих частин електроустановки; неправильні дії обслуговуючого персоналу; перекриття струмоведучих частин установки.

Для відвертання коротких замикань і зменшення їх наслідків необхідно: усунути причини, що викликають короткі замикання; зменшити час дії захисту, що діє при коротких замиканнях; застосувати швидкодіючі вимикачі; застосувати АРН для швидкого відновлення напруги генераторів; правильно вичислити величини струмів короткого замикання і по них вибрати необхідну апаратуру, захист і засоби для обмеження струмів короткого замикання.

5.1. Розрахунок струмів однофазного короткого замикання

Однофазні КЗ розраховують для перевірки надійності відключення лінії у разі пробою ізоляції і появи на корпусі устаткування потенціалу, величина якого небезпечна для життя персоналу. Тому інтерес складає мінімально можлива величина струму однофазного КЗ, яка буде у кінці ділянки, яка захищається, тому що цей струм має бути достатнім для спрацьовування захисту (запобіжника, розчеплювача, автоматичного вимикача або вимикача або запобіжника в ланцюзі 6 (10) кВ, якщо захист в ланцюзі 0,38 кВ нечутлива).

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Струм однофазного металевого КЗ в точці КЗ :

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{Z_{nm}}; \quad (5.1)$$

Повний опір петлі "фаза-нуль" до точки КЗ визначається за формулою:

$$Z_{nm} = Z_{уд.пт.кб} l_{np},$$

де $Z_{уд.пт.кб}$ - питомий опір петлі «фаза-нуль» для чотирижильних кабелів та проводів з алюмінієвими жилами (для всіх приміщень $Z_{уд.пт.кб} = 29,64$ мОм/м, окрім ауд.104 - $Z_{уд.пт.кб} = 2,96$ мОм/м).

Отже, визначаємо струм однофазного КЗ. Схема наведена на рисунку 5.1.

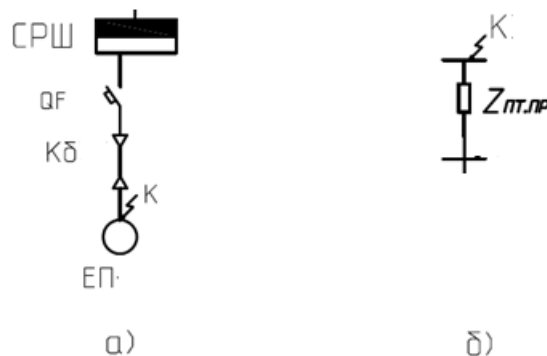


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема (а) і схема заміщення (б) для розрахунку струмів однофазного КЗ

Результати розрахунку струмів однофазного КЗ в електричній мережі напругою до 1 кВ в точках приміщення наводяться в таблицях 5.1 та 5.2.

Таблиця 5.1 - Результати розрахунку струмів однофазного КЗ в різних точках електричної мережі напругою до 1 кВ на 1-ому поверсі

Точка КЗ	Струм однофазного КЗ, кА
Ауд. 107	0,67
Ауд.101	0,37
Ауд.102	0,85
Ауд. 106	0,53

Продовження табл. 5.1

Ауд. 104	25,68
Майстерня №1	0,46
Ауд. 113	0,67
Буфет	0,32
Ауд. 112	0,39

Таблиця 5.2 - Результати розрахунку струмів однофазного КЗ в різних точках електричної мережі напругою до 1 кВ на 2-ому поверсі

Точка КЗ	Струм однофазного КЗ, кА
Ауд. 201	1,28
Ауд.202	0,98
Ауд.204	0,8
Ауд. 205	0,51
Ауд. 207	1,83
Ауд. 209	1,6
Ауд. 210	0,85
Ауд. 211	2,14

6. Вибір автоматичних вимикачів

Автоматичний повітряний вимикач (автомат) - це комутаційний апарат, призначений для автоматичного розмикання електричних ланцюгів при ненормальних режимах (струмах КЗ або перевантажень) і нечастих включеннях і розмиканні в нормальних режимах роботи.

Для виконання захисних функцій в автоматичного вимикача застосовуються такі види розчеплювачів : тільки теплові або тільки електромагнітні, комбіновані (тепловий і електромагнітний), напівпровідникові, мікропроцесорні. Теплові розчеплювачі здійснюють захист від струмів перевантаження, електромагнітні, - від струмів КЗ. Напівпровідниковий розчеплювач має канал захисту в зоні струмів перевантаження, який видає команду на відключення автоматичного вимикача з витримкою часу, а канал захисту в зоні КЗ спрацьовує з витримкою часу, яка не залежить від струму, і вихідний сигнал діє на котушку незалежного розчеплювача, що викликає спрацьовування автоматичного вимикача. Напівпровідникові розчеплювачі мають кращі характеристики, ніж електромеханічні, за швидкодією, чутливістю, селективністю і надійністю.

Автоматичні вимикачі мають нерегульовані і регульовані розчеплювачі. У нерегульованих розчеплювачів відсутнє пристосування для регулювання уставки в процесі монтажу і експлуатації, вони відрегульовані на конкретний номінальний струм на заводі виготовлювачі. У регульованих розчеплювачів уставки регулюють шляхом впливу на механічну систему автомата або на спеціальний пристрій, який міняє час спрацьовування автоматичного вимикача. Для схеми електропостачання виберемо автомати.

6.1 Вибір автоматичних вимикачів до електроприймачів

Вибираємо автоматичні вимикачі від ЩС до ЕП приміщень. Розглянемо на прикладі автоматичного вимикача, який захищає лінію від ЩС-11 до майстерні з $I_{ном} = 12,3 \text{ А}$. Вибираємо автоматичний вимикач ВА-2017 [4]

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

струмообмежувальний з тепловим і електромагнітним розчеплювачами. Дані цього автоматичного вимикачу наводяться в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Автоматичний вимикач ВА-2017

Тип автоматичного вимикача	Номинальний струм автоматичного вимикача, А	Номинальний струм теплового розчеплювача, А	$\frac{I_{св}}{I_{ном.р}}$	$\frac{I_{с.п}}{I_{ном.р}}$
ВА-2017	16	16	3	6

Номинальна напруга цього автоматичного вимикача вибирається як:

$$500 \text{ В} > 380 \text{ В.}$$

Номинальний струм автоматичного вимикача АЕ2040:

$$I_{ном.а} = 16 \text{ А} > I_{ном.} = 12,3 \text{ А};$$

Номинальний струм теплового розчеплювача :

$$I_{ном.т.р} = 16 \text{ А} > I_{ном.} = 12,3 \text{ А};$$

Для лінійного автоматичного вимикача ВА-2017 кратність струму спрацьовування (уставки) теплового розчеплювача $I_{у.т.р}$ до номинального струму теплового розчеплювача складає 1,25. Таким чином уставка струму теплового розчеплювача :

$$I_{у.т.р} = 1,25 I_{ном.т.р} = 1,25 \times 16 = 20 \text{ А};$$

тоді

$$I_{у.т.р} = 20 \text{ А} > 1,25 \times 12,3 = 15,38 \text{ А};$$

Для автоматичного вимикачу ВА-2017 у разі присутності теплового розчеплювача відношення струму спрацьовування відсічення $I_{с.о}$ до

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

номінального струму теплового розчеплювача $I_{ном.т.р}$ складає 3. Таким чином, струм спрацьовування відсічення (електромагнітного розчеплювача) :

$$I_{с.в} = I_{у.т.р} = 3 I_{ном.т.р} = 3 \times 16 = 48 \text{ A};$$

З попередніх розділів довгостроковий допустимий струм для провідників визначеною площею $I_{дов.дон} = 16,43 \text{ A}$;

Тоді

$$I_{у.е.р} = 48 \text{ A} > 0,8 \times 16,43 = 13,14 \text{ A};$$

Для перевірки чутливості захисту струм однофазного КЗ в точці КЗ $I_{кз}^{(1)} = 0,46 \text{ кА}$. Для електромагнітного розчеплювача миттєвої дії з номінальним струмом до 100 А:

$$I_{к}^{(1)} \geq 1,4 I_{с.в};$$

отже:

$$I_{к}^{(1)} = 0,46 \text{ кА} \geq 1,4 \times 0,3 = 0,42 \text{ кА};$$

Остаточню вибирається лінійний автомат ВА-2017 з такими параметрами:

$$U_{ном.а} = 500 \text{ В}; I_{ном.а} = 16 \text{ А}; I_{ном. т. р} = 16 \text{ А}; I_{у.т.р} = 20 \text{ А}; I_{у.е.р} = 48 \text{ А}.$$

Каталожні і розрахункові дані цього автоматичного вимикача типу ВА-2017 наводяться в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 - Каталожні і розрахункові дані автомата типу ВА-2017

Умови вибору автоматичного вимикача	Каталожні данні автоматичного вимикача ВА-2017	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.а} = 500 \text{ В}$	$U_{ном.а} = 380 \text{ В}$

Продовження табл. 6.2

За номінальним струмом автомату $I_{ном.а} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.а} = 16 \text{ A}$	$I_{\phi} = 56,98 \text{ A}$
За номінальним струмом розчеплення $I_{ном.р} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.р} = 16 \text{ A}$	$I_{\phi} = 56,98 \text{ A}$
За номінальним струмом автомату та його розчеплювачів $I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$	$I_{ном.а} = 20 \text{ A}$	$I_{ном.р} = 63 \text{ A}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{с.н} \geq 1,1 I_{\phi}$	$I_{с.н} = 20 \text{ A}$	$I_{с.н} = 71,23 \text{ A}$
За умовою відстройки від пікових струмів $I_{с.в} \geq 1,25 I_{\phi}$	$I_{с.о} = 48 \text{ A}$	$I_{с.о} = 356,095 \text{ A}$
За умовою чутливості $I_{к}^{(l)} \geq 1,4 I_{у.е.р}$	$I_{к}^{(l)} = 0,46 \text{ кА}$	$I_{к}^{(l)} = 0,42 \text{ кА}$

У таблицях 6.3 та 6.4 наводиться результати вибору автоматів до інших електроприймачів приміщень 1-го та 2-го поверхів.

Таблиця 6.3 – Результати вибору автоматів 1-го поверху

Силова шафа	Розподільна лінія	Тип автомата	$U_{ном.а}$, В	$I_{ном.а}$, А	$I_{ном.р}$, А	$I_{с.н}$, А	$I_{с.в}$, А
ЩС-12	Ауд. 107	ВА-2017	400	3	3	3,75	9
	Ауд. 101	ВА-2017	400	2	2	2,5	6
	Ауд. 102	ВА-2017	400	6	6	7,5	18
	Ауд. 106	ВА-2017	400	10	10	12,5	30

Продовження табл. 6.3

ЩС-11	Ауд. 104	ВА-2003	400	80	80	100	240
	Майстерня №1	ВА-2017	400	16	16	20	48
ЩС-13	Ауд. 113	ВА-2017	400	16	16	20	48
ЩС-12	Буфет	ВА-2017	400	20	20	25	60
ЩС-13	Ауд. 112	ВА-2017	400	2	2	2,5	6

Таблиця 6.4 – Результати вибору автоматів 2-го поверху

Силова шафа	Розподільна лінія	Тип автомата	$U_{ном.а}, В$	$I_{ном.а}, А$	$I_{ном.р}, А$	$I_{с.п}, А$	$I_{с.в}, А$
ЩС-21	Ауд. 201	ВА-2017	400	10	10	12,5	30
	Ауд. 202	ВА-2017	400	10	10	12,5	30
	Ауд. 204	ВА-2017	400	2	2	2,5	6
	Ауд. 205	ВА-2017	400	20	20	25	60
ЩС-22	Ауд. 207	ВА-2017	400	16	16	20	48
	Ауд. 209	ВА-2017	400	16	16	20	48
	Ауд. 210	ВА-2017	400	16	16	20	48
	Ауд. 211	ВА-2017	400	16	16	20	48

6.2 Вибір автоматичних вимикачів освітлювальної мережі

Також ми вибираємо автоматичні вимикачі, які будуть захищати розподільчі лінії до освітлювальних установок. Розрахункові струми беремо з попередніх пунктів. Попередньо вибираємо автоматичні вимикачі типу ВА2017 [4]. Розрахунки проводимо аналогічно з попереднім пунктом.

Результатів вибору автоматичних вимикачів заносимо до таблиці 6.5. та 6.6.

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Таблиця 6.5 –Результати вибору автоматів освітлювальної мережі 1-го поверху

Розподільна лінія	Автоматичний вимикач	Номинальна напруга, В.	Номинальний струм лінії, А.	Номинальний струм автоматичного вимикача, А.
Майстерня №1	ВА 2017	220	1,65	2
Ауд. 104	ВА 2017	220	2,95	3
Підсобка	ВА 2017	220	0,17	1
Майстерня №2	ВА 2017	220	1,65	2
Коридор л.ч.	ВА 2017	220	0,51	1
Ауд. 105	ВА 2017	220	0,65	1
Ауд. 106	ВА 2017	220	0,97	1
Ауд. 102	ВА 2017	220	0,34	1
Ауд. 103	ВА 2017	220	0,51	1
Ауд. 101	ВА 2017	220	0,34	1
Охорона	ВА 2017	220	0,54	1
Ауд. 108	ВА 2017	220	0,65	1
Ауд. 109	ВА 2017	220	0,34	1
Фос	ВА 2017	220	0,51	1
Ауд. 113	ВА 2017	220	0,34	1
Коридор пр.ч.	ВА 2017	220	0,51	1
Ауд. 112	ВА 2017	220	0,99	1
Ауд. 110	ВА 2017	220	1,48	2
Спорт. Зал	ВА 2017	220	2,61	3

Таблиця 6.6 –Результати вибору автоматів освітлювальної мережі 2-го поверху

Розподільна лінія	Автоматичний вимикач	Номінальна напруга, В.	Номінальний струм лінії, А.	Номінальний струм автоматичного вимикача, А.
Ауд. 201	ВА 2017	220	0,99	1
Ауд. 202	ВА 2017	220	0,65	1
Ауд. 203	ВА 2017	220	0,34	1
Ауд. 204	ВА 2017	220	0,65	1
Ауд. 205	ВА 2017	220	0,65	1
Ауд. 206	ВА 2017	220	0,65	1
Ауд. 207	ВА 2017	220	0,65	1
Ауд. 208	ВА 2017	220	0,34	1
Ауд. 209	ВА 2017	220	0,99	1
Ауд. 210	ВА 2017	220	0,65	1
Ауд. 211	ВА 2017	220	0,99	1
Коридор	ВА 2017	220	0,17	1

7. Охорона праці

7.1 Розробка системи освітлення аудиторій

Для визначення потужності ОУ на поверсі проводилося обстеження всіх приміщень. Фіксувалася інформація про тип, кількість і потужності використовуваних ламп, кількості встановлених світильників, кількості непрацюючих ламп у світильниках. Відомості про освітлювальне обладнання 1-го та 2-го поверху корпусу М СумДУ наведено в таблиці 7.1 та 7.2.

Важливим фактором, що впливає на вибір енергозберігаючих заходів, є фактичний рівень освітленості приміщень, але далеко не всі аудиторії відповідають нормам освітленості приміщень.

Таблиця 7.1 – Норми освітленості приміщень

Типи приміщень, просторів, видів діяльності	ДБН	ISO 8995			
	Еср, Лк	Еср, Лк	UGRL	Ra	Примітки
Освітні заклади					
Аудиторія	300	500	19	80	-
Дошка	500	500	19	80	Запобігти відблискам
Комп'ютерний клас	400	500	19	80	-
Викладацькі і кабінети	200	200	22	80	-
Коридори	75	-	-	-	-

Таблиця 7.2 – Річне число годин використання освітлювального навантаження

Вид освітлювальної установки	T _Г , год	
Внутрішнє освітлення:		
при роботі в одну зміну на широті, град:		
45	550	
56	600	
64	700	
при двозмінній роботі, незалежно від широти		2250
при тризмінній роботі		4150

7.2 Приклад модернізації освітлювальної установки в програмному комплексі DiaLux для аудиторій M103 та M205

Значне скорочення часу, що витрачається на проектування ОУ, і підвищення якості прийнятих технічних рішень досягається при автоматизованому проектуванні ОУ з використанням ПК. Основними інструментами, що замінили ручну працю проектувальників, є програми графічного креслення, текстові та табличні редактори. Розроблено та експлуатується ряд програм, що дозволяють отримувати найбільш доцільні економічні світлотехнічні та електротехнічні проектні рішення для заданих вихідних умов, одним з яких є програмний комплекс DiaLux.

Дана програма дозволяє розраховувати внутрішнє і зовнішнє освітлення при заданому типі і кількості світильників і їх розташуванні. При розрахунку враховується геометрія приміщень, колір і текстура поверхонь, а також розставлені в приміщенні меблі. Найбільш затребуваними результатами розрахунку є графічне зображення розподілу освітленості по робочій поверхні і загальний тривимірний вигляд освітленого приміщення. Крім того, можна отримати ізолінії постійної освітленості, таблицю і графік освітленостей, відомість світильників і їх паспортні дані.

Як приклад було взято:

1. лекційний клас, аудиторія M103. Приміщення 10,4× 5,9 метра з висотою стель 3,05 метра.

В аудиторії M103 встановлено 8 світильників ЛВО 02-У з лампами Philips TL-D 18W / 33 G13 і електронними ПРА.

2. комп'ютерний клас, аудиторія M205. Приміщення 6,81 × 6,33 метра з висотою стель 3,05 метра.

В аудиторії M 205 встановлено 4 світильників ЛВО 02-У з лампами Philips TL-D 18W / 33 G13 і електронними ПРА.

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

7.2.1 Лекційна аудиторія М103



Рисунок 7.1 – Загальний вигляд аудиторії М103 зі світильниками

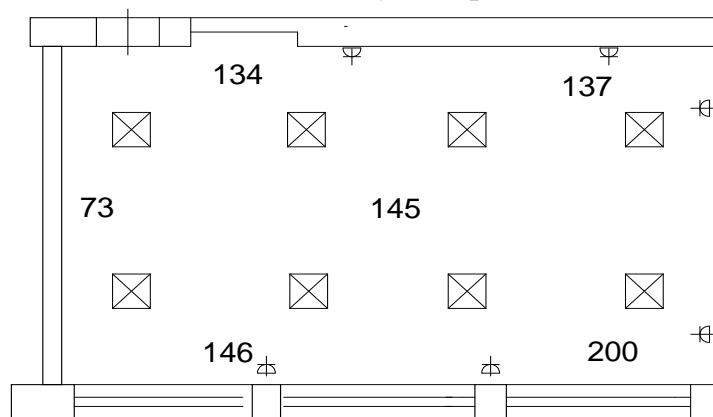
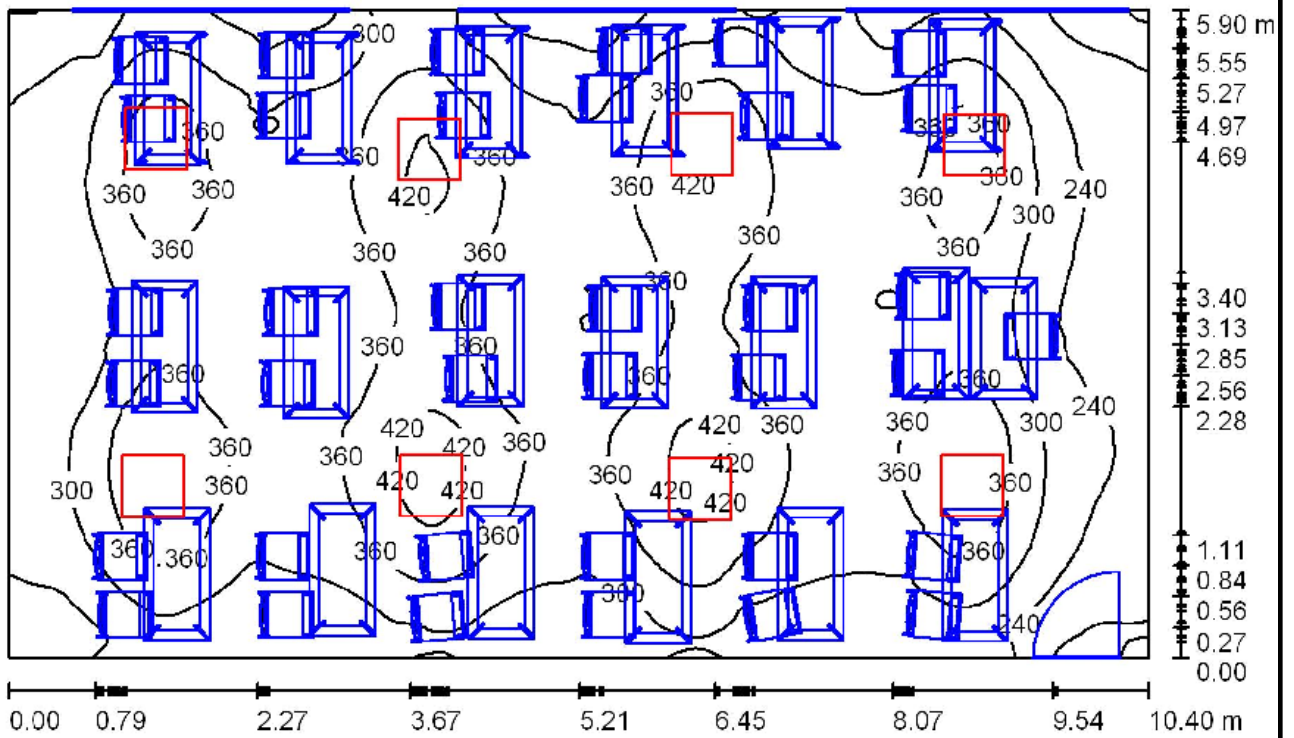
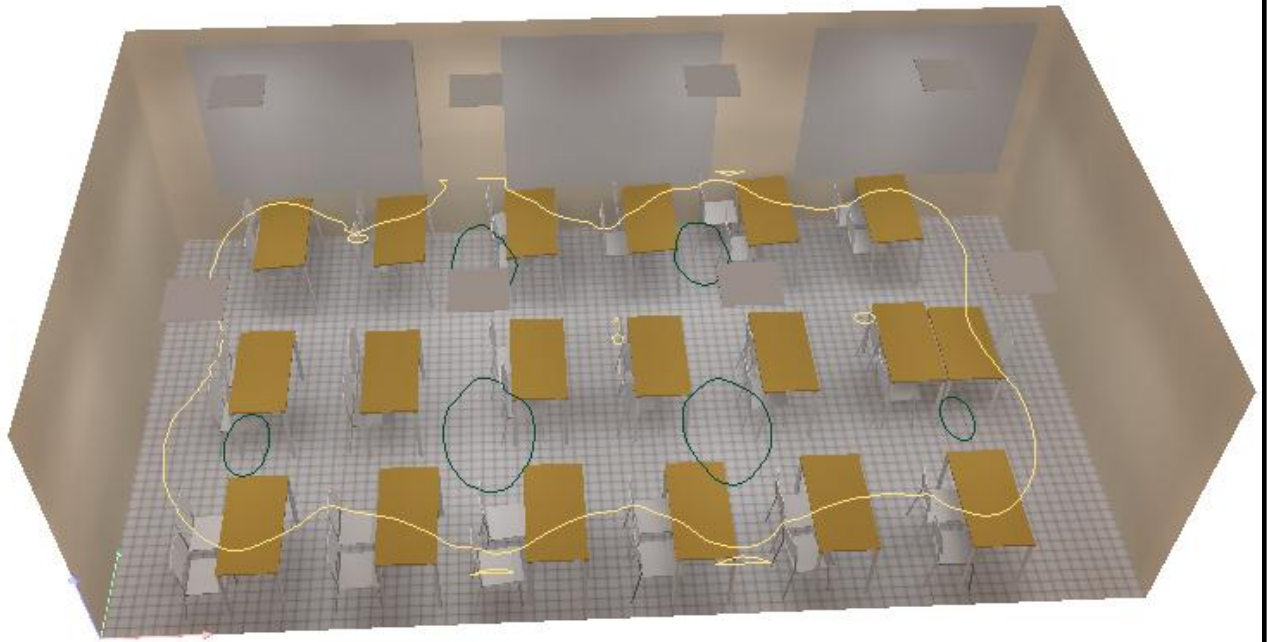


Рисунок 7.2 – Виміряна освітленість аудиторії М103

Виходячи з даних рисунка 7.2 робимо висновок що виміряна фактична освітленість аудиторії М103 далека від нормованої, тому приймаємо рішення модернізувати в ній ОУ шляхом заміни ламп в них на більш сучасні.



План розташування світильників в аудиторії М103 із зображенням ізоляцій після модернізації. В площині XY, у 3D площині.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.126 ПЗ

Арк.

61

Таблиця 7.1 – Освітленість основних елементів лампами Geen LT8-394 ЕКО

Поверхня	ρ [%]	$E_{\text{ср}}$ [лк]	E_{min} [лк]	E_{max} [лк]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ср}}$
Робоча площа	/	319	152	447	0,477
Поли	30	198	61	339	0,310
Стеля	90	96	65	175	0,680
Стінки	82	148	49	278	/

Таблиця 7.2 – Відомість встановлених світильників з лампами Geen LT8-394 ЕКО

№	Шт.	Позначення (Поправочний коефіцієнт)	Φ [лм]	P [Вт]
1	8	ЛВО 02-У	3600	36,0
Всього:			28800	288,0

В результаті модернізації ОУ:

- Привели параметр середньої освітленості до норми замінивши лампи ($E_{\text{ср}} = 319$ лк).
- Використано освітлювальні установки зі світлодіодною лампою Т8. Світильники мають більший ККД.
- Додатково: термін служби ламп Т8 становить 50000 годин, що в 3,5 рази більше стандартної люмінесцентної лампи з колбою ЛД-18.

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.2.2 Комп'ютерна аудиторія М205

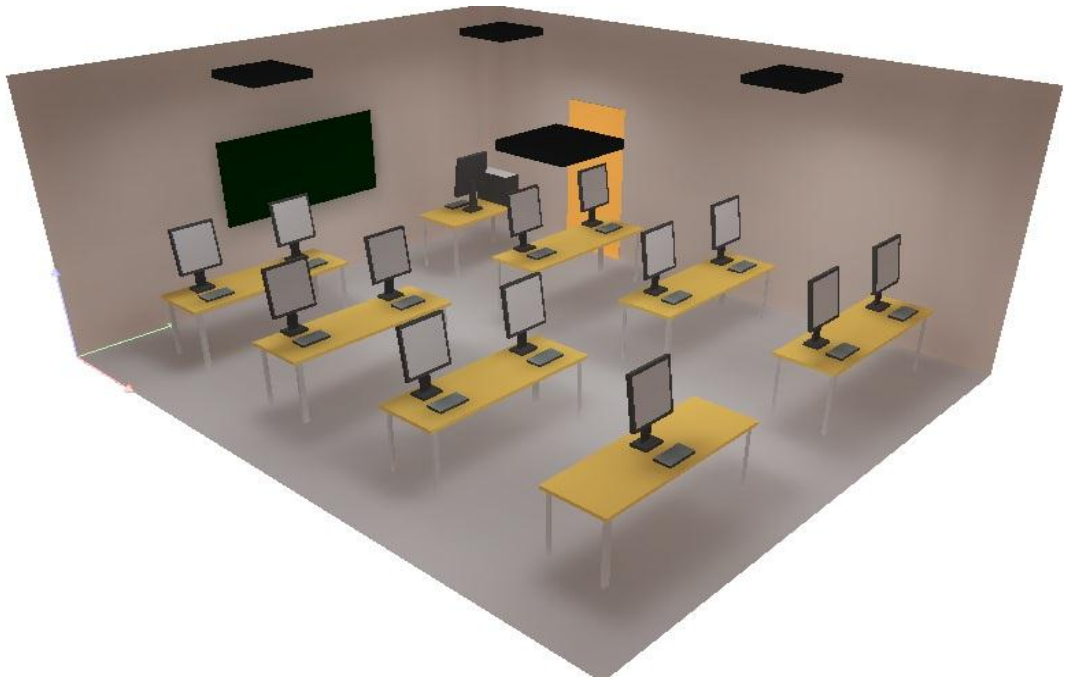


Рисунок 7.3 – Загальний вигляд аудиторії М205 зі світильниками

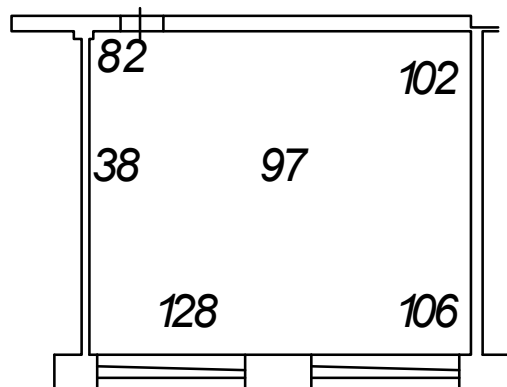


Рисунок 7.4 – Виміряна освітленість аудиторії М205

Виходячи з даних рисунка 7.4 робимо висновок що виміряна фактична освітленість аудиторії М205 далека від нормованої, тому приймаємо рішення модернізувати в ній ОУ шляхом додавання числа світильників та можливої заміни ламп в них на більш сучасні.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.126 ПЗ

Арк.

63

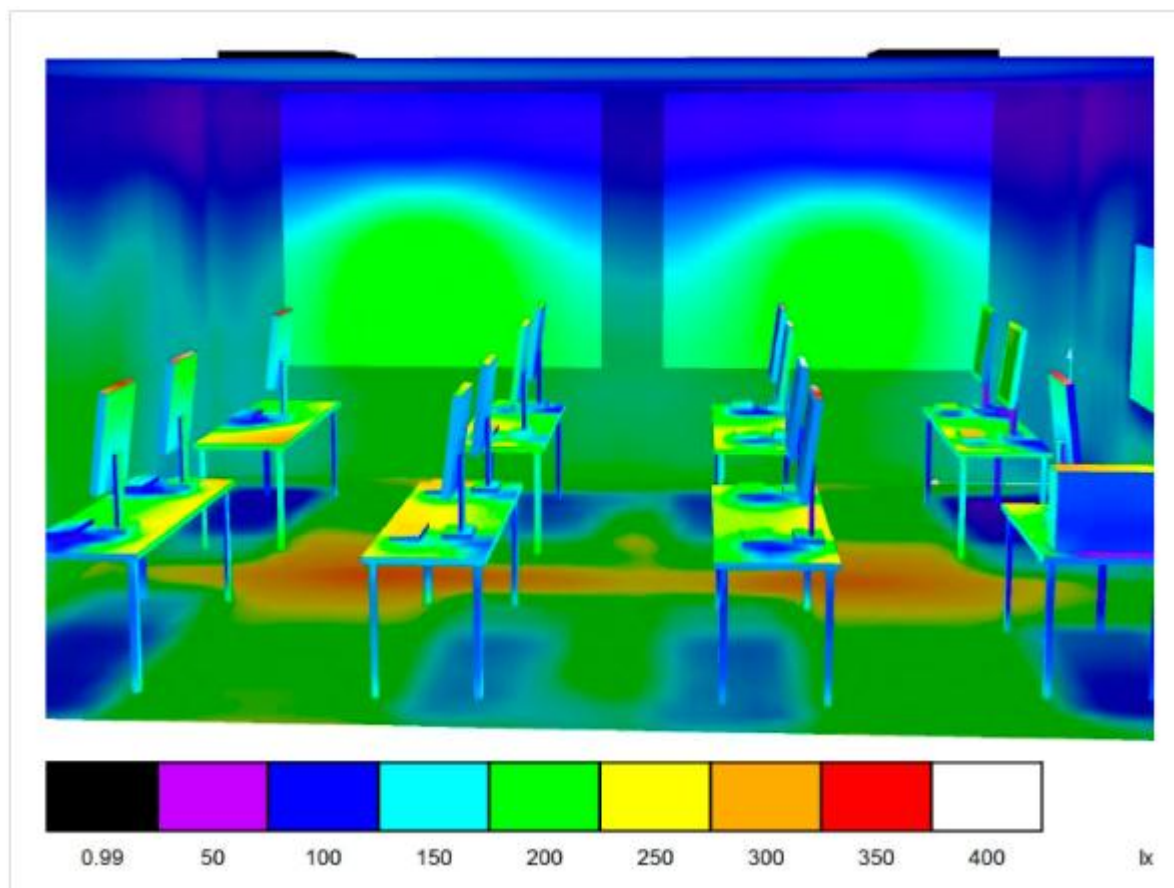


Рисунок 7.5 – Розподілення освітленості в аудиторії М205

Таблиця 7.3 – Освітленість основних елементів

Поверхня	ρ [%]	$E_{\text{ср}}$ [лк]	E_{min} [лк]	E_{max} [лк]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ср}}$
Робоча площина	/	237	49	366	0,206
Поли	80	191	75	322	0,389
Стеля	70	108	66	131	0,611
Стінки	77	139	10	221	/

Таблиця 7.4 – Відомість встановлених світильників

№	Шт.	Позначення (Поправочний коефіцієнт)	Ф [лм]	Р [Вт]
1	4	ЛВО 02-У	5000	100,0
Всього:			20000	400,0

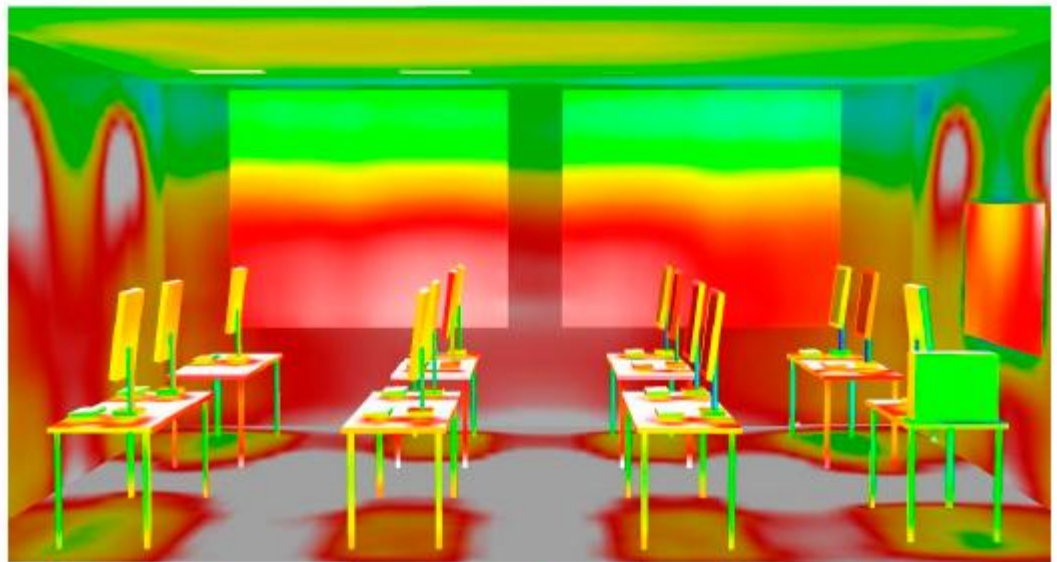
У даній аудиторії освітленість (Е, лк) не відповідає нормованій, яка за нормативними документами становить 400 лк, так як це комп'ютерний клас. Була проведена модернізація ОУ, що показано на рисунках 7.7 і 7.8. Встановлено додатково 4 світильника, що забезпечує більш ефективний розподіл освітленості.

Відповідно до цих норм програмний комплекс DiaLUX пропонує нам таке розташування світильників з лампами Philips TL-D 18W / 33 G13 і лампами Geep LT8-394 ЕКО 2 ряди по 4 світильника:



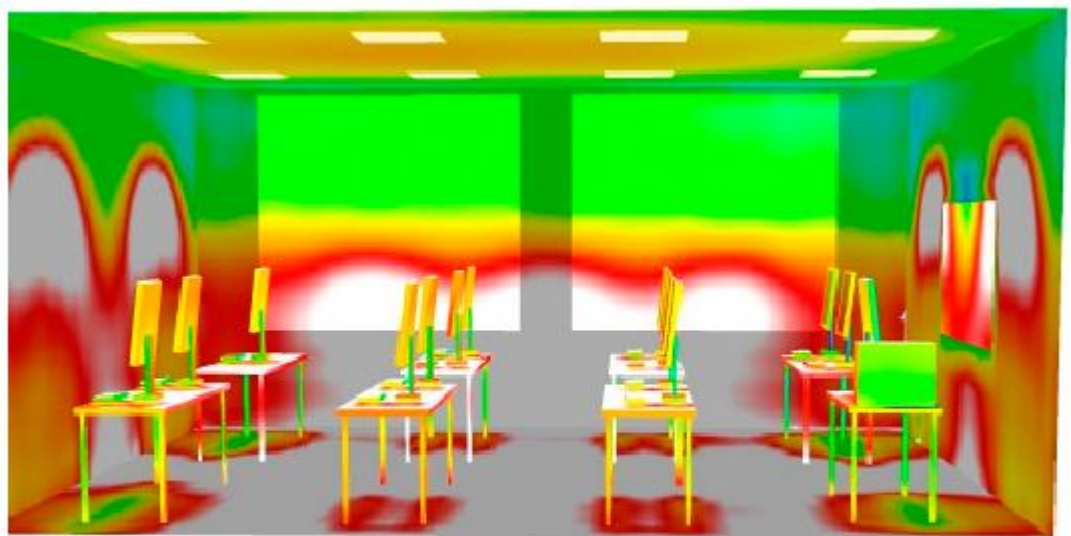
Рисунок 7.6 – Загальний вигляд модернізованої аудиторії М205

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65



0.99 50 100 150 200 250 300 350 400 lx

а)



0.99 50 100 150 200 250 300 350 400 lx

б)

Рисунок 7.7 – Розподіл освітленості в модернізованій аудиторії М205

а) з люмінесцентними лампами Philips TL-D 18W / 33 G13;

б) зі світлодіодними лампами Geen LT8-394 ЕКО

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.126 ПЗ

Арк.

66

Таблиця 7.5 – Освітленість основних елементів лампами Philips TL-D 18W / 33 G13

Поверхня	ρ [%]	$E_{\text{ср}}$ [лк]	E_{min} [лк]	E_{max} [лк]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ср}}$
Робоча площа	/	466	186	650	0,399
Поли	80	377	160	610	0,424
Стеля	70	220	137	263	0,623
Стіни	77	289	20	471	/

Таблиця 7.6 – Відомість встановлених світильників з лампами Philips TL-D 18W / 33 G13

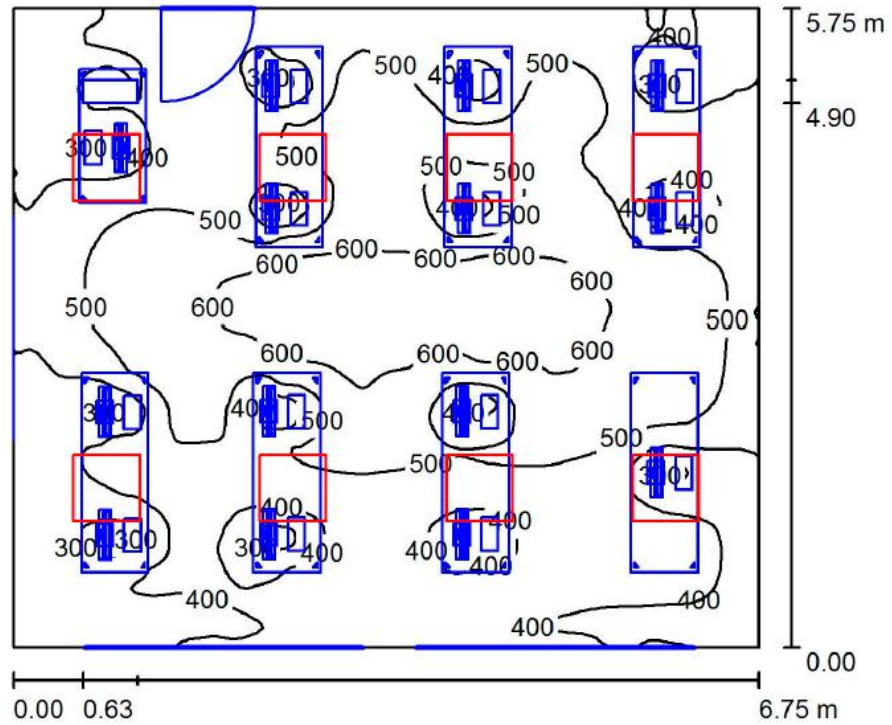
№	Шт.	Позначення (Поправочний коефіцієнт)	Φ [лм]	P [Вт]
1	8	ЛВО 02-У	5000	100,0
Всього:			40000	800,0

Таблиця 7.7 – Освітленість основних елементів лампами Geen LT8-394 ЕКО

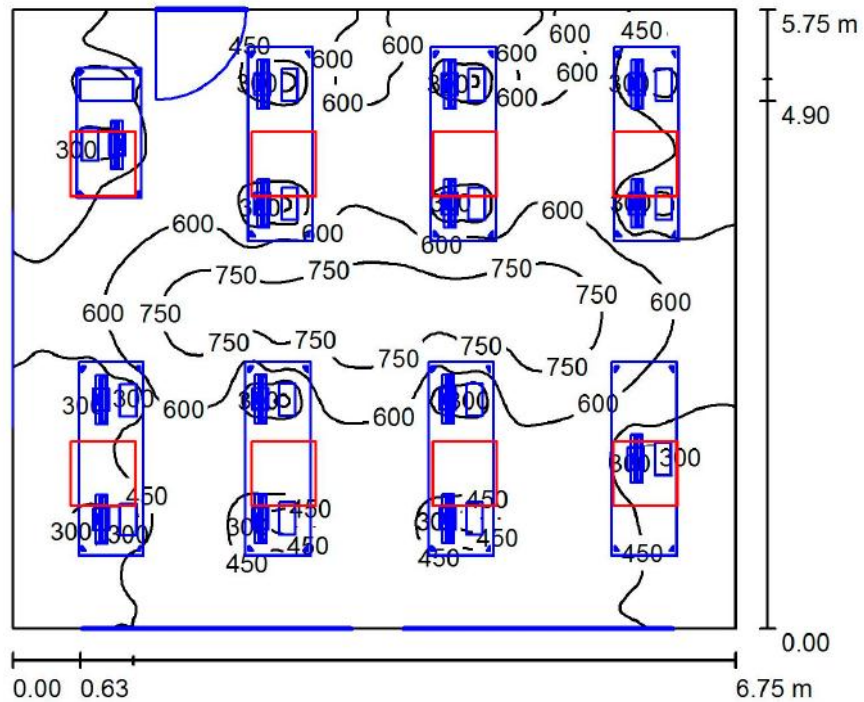
Поверхня	ρ [%]	$E_{\text{ср}}$ [лк]	E_{min} [лк]	E_{max} [лк]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ср}}$
Робоча площа	/	530	130	839	0,246
Поли	80	437	163	811	0,372
Стеля	70	238	146	291	0,615
Стіни	77	297	16	508	/

Таблиця 7.8 – Відомість встановлених світильників з лампами Geen LT8-394 ЕКО

№	Шт.	Позначення (Поправочний коефіцієнт)	Φ [лм]	Р [Вт]
1	8	ЛВО 02-У	3600	36,0
Всього:			28800	288,0



а)



б)

Рисунок 7.8 – План розташування світильників в аудиторії М205 із зображенням ізоляцій після модернізації: а) з люмінесцентними лампами Philips TL-D 18W / 33 G13; б) зі світлодіодними лампами Geen LT8-394 ЕКО

В результаті модернізації ОУ:

- Привели параметр середньої освітленості до норми збільшивши кількість світильників у 2 рази ($E_{\text{сеп}} = 530$ лк).
- Використано освітлювальні установки зі світлодіодною лампою Т8. Світильники мають більший ККД.
- Додатково: термін служби ламп Т8 становить 50000 годин, що в 3,5 рази більше стандартної люмінесцентної лампи з колбою ЛД-18.

7.3 Приклад модернізації освітлювальної установки методом коефіцієнта використання для аудиторій М103

Метод коефіцієнта використання використовується тільки при розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь у

										Арк.
										69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

MP 3.8.141.126 ПЗ

закритих приміщеннях і враховує освітленість, створену на робочій поверхні прямим і відбитим світловими потоками.

Розрахуємо освітлення аудиторії М103 методом коефіцієнта використання, для забезпечення нормованої освітленості 300, лк. Для установки використовувати світильники ЛВО 02-У з лампами ЛД. Висота приміщення 3,05 м, робоча поверхня перебуває на висоті $h_p=0,8$ м стосовно підлоги, а висота установки світильників стосовно стелі становить $h_c=0,2$ м.. Вихідні дані для розрахунку наведені в табл.7.9.

Таблиця 7.9 – Вихідні данні

А, м	В, м	Висота приміщення Н, м	Мінімальна освітленість E_{min} , лк	Коефіцієнти відбиття, %			Коефіцієнт запасу k
				$\rho_{ст}$	ρ_c	ρ_p	
10, 4	5,9	3,05	300	70	50	10	1,4

Визначаємо розрахукову висоту від умовної робочої поверхності до світильника, м:

$$h = H - h_c - h_p$$

Задаємось значенням λ , обчислюють відстань L. Число рядів світильників N_B та число світильників у ряді N_A :

$$N_A = \frac{A - 2l}{L} + 1 = \frac{A}{L} + \frac{1}{3}, N_B = \frac{B - 2l}{L} + 1 = \frac{B}{L} + \frac{1}{3},$$

Після цього перераховуємо реальні відстані між рядами світильників та між ними самими:

$$L_B = \frac{B - 2l_B}{N_B - 1} = \frac{B}{N_B - \frac{1}{3}}, L_A = \frac{A - 2l_A}{N_A - 1} = \frac{A}{N_A - \frac{1}{3}},$$

$$l_B = L_B / 3; \quad l_A = L_A / 3.$$

Результати наводимо у вигляді табл. 7.10.

									Арк.
									70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Табл. 7.10. Проміжні результати розрахунку

h, м	2,05
λ_c	1,4
L, м	2,87
N _A , шт	4
N _B , шт	2
N, шт	8
L _A , м	2,83
l _a , м	0,95
L _B , м	3,54
l _b , м	1,18

Перевіряємо умову для прямокутних приміщень:

$$1 \leq L_A / L_B \leq 1,5.$$

В нашому випадку маємо таке: $1 \leq 1,03 \leq 1,5$. Умова виконується.

Світловий потік ламп визначається за формулою:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta},$$

де Φ – розрахунковий світловий потік лампи, лм; E – нормована освітленість робочої поверхні, лк; k – коефіцієнт запасу; S – площа приміщення, м²; Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення (відношення середньої освітленості до мінімальної по освітлюваній площині) – для світильників прямого світла приймається рівним 1,15, для інших – 1,1, N – кількість світильників, шт.; η – коефіцієнт використання світлового потоку, відн. од.

Коефіцієнт використання світлового потоку залежить від типу світильника, коефіцієнтів відбиття стелі ρ_c , стін $\rho_{ст}$, робочої поверхні ρ_p та індексу приміщення i та визначається згідно довідникових матеріалів. Визначається індекс приміщення:

$$i = \frac{S}{h(A+B)},$$

де S – площа приміщення м², h – розрахункова висота підвісу світильника, м, A і B – довжина і ширина приміщення, що розраховується, м.

										Арк.
										71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	MP 3.8.141.126 ПЗ					

За розрахованим потоком із довідникових матеріалів вибирають джерело світла, світловий потік якого найближче відповідає розрахунковому. Маємо такі результати розрахунку у вигляді табл. 7.11.

Табл. 7.11. Кінцеві результати розрахунку методом коефіцієнта використання

i	1,84
i ₁	1,25
i ₂	2
η _{n1}	0,45
η _{n2}	0,57
η _n	0,54
η	0,34
Φ _p , лм	2585,78

Обираємо тип лампи ЛД-40 із світловим потоком Φ_л=2850 лм.

Відхилення світлового потоку обраної лампи:

$$\delta = \frac{\Phi_L - \Phi_P}{\Phi_P} \cdot 100\% = +10,2\%.$$

Відхилення знаходиться у межах -10 %...+20 %, це свідчить про правильний вибір кількості та типу світильників.

Загальна потужність освітлювальної установки:

$$P_{вст} = N \cdot P_L = 288 \text{ Вт}.$$

7.4 Порівняння модернізації освітлювальної установки для аудиторії М103

За результатами розрахунку можна побачити, що програма DIALux пропонує встановити люмінесцентними лампи Philips TL-D 18W / 33 G13, а після розрахунку методом коефіцієнта використання ми вибрали лампи ЛД-40. Вважаю більш вірними і доцільними є результати програми DIALux.

Програма DIALux відповідно до діючих норм вирішує складні завдання з розрахунку штучної і природної освітленості будь-яких внутрішніх або зовнішніх сцен, доріг, вулиць, спортивних майданчиків, робочих місць,

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

аварійних систем і т.д. При заданій кількості, типі і розташуванні світильників програма дозволяє проводити безліч складних світлотехнічних розрахунків. При цьому враховується цілий ряд різних чинників: геометрія приміщення, присутня меблі, текстура і колір поверхонь. За допомогою даної комп'ютерної програми можливо розрахувати будь-який вид освітленості, коефіцієнт природної освітленості, яскравість, а також денне світло і тіні. Програма розглядає і враховує географічне розташування будови, тіні від навколишніх будинків і об'єктів, а так же погодні умови.

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
						73
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

8. Економічна частина

8.1 Економічна ефективність вибору системи освітлення

В даний час раціональне використання електроенергії має більше народногосподарське значення. За статистикою близько 13% всієї енергії, що виробляють витрачається на освітлення. Забезпечення якісного штучного освітлення та необхідного рівня освітлення середовища є важною задачею, так як некоректне освітлення може привести не тільки до втрат енергії, но й до негативних ефектів для здоров'я та психологічного стану людини, що негативно позначається на його працездатності.

Розраховуючи освітлення, потрібно керуватися не тільки вимогами достатньому освітленні, але і намагатися забезпечити максимально рівномірне освітлення. Надлишкова освітленість призведе до збільшення витрат як на світильники, так і на електроенергію. Важливим компонентом світлового клімату є яскравість - величина, що характеризує рівень відчуття світла. Розподіл яскравості в приміщенні повинно бути якомога більш природним і найменш дратівливим для очей. Велика кількість полірованих поверхонь, інтенсивних джерел світла і яскравих, насичених кольорів сприяє створенню відчуття зорового і психологічного дискомфорту.

Кожне джерело світла має певну кольоровість, тобто у видимій частині спектру його випромінювання переважають ті чи інші тони. Традиційні лампи розжарювання випромінюють світло теплою, червоно-жовтою частиною спектра; люмінесцентні лампи часто характеризуються світлом холодної, синьо-зеленої частини спектру. Сучасні галогенні лампи розжарювання, як і звичайні лампочки, відносяться до джерел з теплою тональністю, але спектр їх випромінювання ближче до спектру білого світла.

					МР 3.8.141.126 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Захарко				«Розрахунок системи електропостачання 1 та 2 поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ»	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Маценко						74	84
Реценз.	Лебедка					СумДУ ЕТм.-91		
Н. Контр.	Никифоров							
Затверд.	Лебединський							

Розглядаючи профілі світильників, можна побачити, що світильники з однаковим типом джерела світла і однаковою електричною потужністю можуть мати різний світловий потік. За рахунок різних діаграм спрямованості для різних світильників з однаковим світловим потоком можна отримати різну освітленість. Це ще раз підтверджує той факт, що, орієнтуючись тільки на потужність і тип джерела світла, в світильнику неможливо забезпечити якісне і при цьому економічне освітлення. Заощадити на освітленості допоможе максимальне використання природного освітлення і можливість регулювання яскравості світильників або роздільне включення груп світильників.

8.2 Порівняння економічної ефективності використання різних ОУ

Одним з основних та найбільш ефективних енергозберігаючих заходів спрямованих на економію споживаної електроенергії є заміна ламп розжарювання (ЛР) на енергозберігаючі, наприклад, компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ) або світлодіодні лампи (LED). В даному розділі ми проведемо порівняльний розрахунок економічної ефективності використання різних ОУ: люмінесцентних та світлодіодних. Як об'єкт для розрахунку буде використовуватися комп'ютерна аудиторія М205.

При порівнянні вартості освітлювальних установок враховувалися такі параметри:

- Вартість усіх світильників, які необхідно встановити;
- Вартість споживаної освітлювальною установкою електроенергії за 5 років;

У прикладі розглянуто два варіанти вибору джерела світла:

1. світильник ЛВО 02-У з лампою Philips TL-D 18W / 33 G13 потужністю 18Вт.;
2. світильник ЛВО 02-У з лампою Maxus LT8 потужністю 9Вт.

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Вартість усіх світильників, які необхідно встановити, розраховували за формулою:

$$C_{CB} = (C_L \cdot N) \cdot n \quad (8.1)$$

$$C_{CB1} = (25,00 \cdot 4) \cdot 8 = 0,8 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{CB2} = (85,00 \cdot 4) \cdot 8 = 2,72 \text{ тис. грн}$$

C_L - ціна однієї лампи, грн.;

N - кількість ламп в світильнику, штук;

n - кількість світильників всього, штук.

Вартість споживаної електричної енергії за 2,5 роки:

$$C_{EL} = \sum(k \cdot N_L \cdot n \cdot N \cdot C_{ел}) \quad (8.2)$$

де k - час напрацювання лампи за місяць, год.;

N_L - потужність лампи, кВт.

де $C_{ел}$ – ціна на електричну енергію в конкретному місяці;

За нормативними документами час роботи освітлювальних установок становить до 2250 годин за рік (при двозмінній роботі університету). Вважаємо, що кожного місяця буде такий розподіл годин роботи, як показано в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Години роботи освітлювальних установок:

Місяць	Години роботи
січень	175
лютий	175
березень	150
квітень	120
травень	90
червень	90

Продовження табл. 8.1

липень	90
серпень	90
вересень	120
жовтень	150
листопад	175
грудень	175
Загалом	1600

Розрахунок вартості електроенергії проводився із припущення, що ціни на електроенергію для СумДУ будуть зростати пропорційно цінам для побутових споживачів.

Розрахунок вартості електроенергії, що споживається освітлювальними установками (для однієї аудиторії) показано в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Розрахунок вартості електроенергії:

Місяць	Вартість кВт·год (грн)	Години роботи	Споживана енергія за годину		Вартість грн	
			Philips	Maxus	Philips	Maxus
Липень 2018	2,659	90	0,576	0,288	137,8426	68,9213
Серпень 2018	2,659	90	0,576	0,288	137,8426	68,9213
Вересень 2018	2,659	120	0,576	0,288	183,7901	91,895
Жовтень 2018	2,659	150	0,576	0,288	229,7376	114,869
Листопад 2018	2,659	175	0,576	0,288	268,0272	134,014
Грудень 2018	2,659	175	0,576	0,288	268,0272	134,014
Січень 2019	2,841	175	0,576	0,288	286,3728	143,186
Лютий 2019	2,841	175	0,576	0,288	286,3728	143,186
Березень 2019	2,841	150	0,576	0,288	245,4624	122,731
Квітень 2019	2,841	120	0,576	0,288	196,3699	98,185
Травень 2019	2,841	90	0,576	0,288	147,2774	73,6387

Продовження табл. 8.2

Червень 2019	2,841	90	0,576	0,288	147,2774	73,6387
Липень 2019	3,123	90	0,576	0,288	161,8963	80,9482
Серпень 2019	3,123	90	0,576	0,288	161,8963	80,9482
Вересень 2019	3,123	120	0,576	0,288	215,8618	107,931
Жовтень 2019	3,123	150	0,576	0,288	269,8272	134,914
Листопад 2019	3,123	175	0,576	0,288	314,7984	157,399
Грудень 2019	3,123	175	0,576	0,288	314,7984	157,399
Січень 2020	3,425	175	0,576	0,288	345,24	172,62
Лютий 2020	3,425	175	0,576	0,288	345,24	172,62
Березень 2020	3,425	150	0,576	0,288	295,92	147,96
Квітень 2020	3,425	120	0,576	0,288	236,736	118,368
Травень 2020	3,425	90	0,576	0,288	177,552	88,776
Червень 2020	3,425	90	0,576	0,288	177,552	88,776
Липень 2020	3,657	90	0,576	0,288	189,5789	94,7894
Серпень 2020	3,657	90	0,576	0,288	189,5789	94,7894
Вересень 2020	3,657	120	0,576	0,288	252,7718	126,386
Жовтень 2020	3,657	150	0,576	0,288	315,9648	157,982
Листопад 2020	3,657	175	0,576	0,288	368,6256	184,313
Грудень 2020	3,657	175	0,576	0,288	368,6256	184,313
Загалом					7236,864	3618,43

Порівняння вартості освітлювальних установок з використанням світильників *Philips TL-D 18W / 33 G13* та *Maxus LT8 9W* з урахуванням вартості експлуатації за 2,5 роки наведено в табл. 8.3.

Таблиця 8.3 – Порівняння вартості освітлювальних установок

Найменування	Виробник	
	Philips	Maxus
Тип лампи	TL-D 18W / 33 G13	LT8 9 W
Вартість освітлювальних приладів, грн.	800	2720

Продовження табл. 8.3

Вартість утилізації ламп	320	-
Вартість експлуатації освітлювальної установки за 2,5 роки, тис.грн	7236,864	3618,43
Всього	8356,864	6338,43

З таблиці видно, що при експлуатації освітлювальної установки протягом 2,5 років вигідніше використовувати лампи виробника Maxus. Хоча вони коштують майже в 3,5 рази дорожче, вони споживають в два рази менше електроенергії і у заданий період майже окупили себе, тому є сенс поставити лампи Maxus заради подальшої економії, а з заданими годинами експлуатації освітлювальної установки за рік лампи прослужать 30 років. Зокрема, в умовах зростання цін на електроенергію, економічна ефективність світлодіодного освітлення також зростає.

У разі розробки різних систем управління освітленням (в даному розрахунку ми це не враховували), економічний ефект від застосування світлодіодного освітлення може бути збільшений ще на кілька десятків відсотків.

У даному порівняльному розрахунку, також, не враховуються організаційні витрати на обслуговування систем освітлення, які значно нижче в разі зі світлодіодним освітленням. Зокрема, можуть бути істотно знижені витрати на обслуговування системи освітлення, оскільки світлодіодне освітлення за своїми експлуатаційними параметрами практично не потребує обслуговування і всі поточні витрати пов'язані тільки з оплатою електроенергії.

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі було досліджено і розраховано систему електропостачання 1 та 2 поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ.

В дипломному проекті мною було розроблено такі питання:

- Розрахунок електричного освітлення цеху;
- Розрахунок силових електричних навантажень;
- Вибір перерізу провідників;
- Розрахунок струмів КЗ;
- Вибір автоматичних вимикачів;

На їх основі було обрано оптимальне електричне устаткування, з запропонованого в каталогах заводів виробників. Була підтверджена працездатність СЕП в нормальних, форсованих і аварійних режимах. Елементи СЕП вибирались з номенклатури сучасного електроустаткування., а розрахунки виконувались по сучасним методикам.

У результаті виконаних розрахунків, можна зробити висновок, що система електропостачання відповідає вимогам ПУЕ та ГОСТів і здатна забезпечити надійне та безперебійне постачання електричною енергією 1 та 2 поверху навчального корпусу.

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Список літератури

1. <https://www.sumdu.edu.ua/uk/about-sumdu/gen-info/about.html>
2. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. - Суми: ВТД "Університетська книга", 2007.- 280 с.
3. Василега П.О. Електропостачання. Суми «Університетська книга» 2008, С.400.
4. Каталог електротехнічної продукції ІЕК, 2014. – 656
5. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2006. – 153 с.
6. Василега П. О. Електротехнологічні установки : навч. посіб. / П. О. Василега. –Суми : СумДУ, 2010. –548 с.
7. Василега, П.О. Електропостачання : підручник / П.О. Василега. - Суми: СумДУ, 2019. - 521 с.
8. Дослідження характеристик сучасних електричних джерел світла / М.О. Гошко, С. М. Хімка, К. М. Василів, І. М. Дробот // Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження. –2012. – No 16. –С. 390-394
9. НПАОП 40.1.32-01 Правила будови електроустановок.
10. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»
11. Правила улаштування електроустановок. - Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.
12. . Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д., «Електропостачання промислових підприємств і установок» - М: Вища школа, 1999 р .
13. Методичні вказівки до виконання дипломних проектів та робіт для здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня "Магістр" за напрямом підготовки 141 – "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Енергетична ефективність систем електропостачання : монографія / Г.Г. Півняк, І.В. Жежеленко, Ю.А. Папаїка ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – 2-ге вид., переробл. і допов. –Дніпро: НТУ «ДП» , 2018. – 148 с.

					<i>MP 3.8.141.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82