

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:

«Розробка системи електропостачання третього та четвертого
поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ

Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав

Студент групи ЕТ.м-91

_____ Зимогляд Ю.В

Керівник, канд.техн.наук

_____ Лебедка С.М

Консультант з економічної
частини к.ек.н., доц.

_____ Маценко О.М.

Нормоконтроль

_____ Никифоров М.А.

СУМИ 2020

- Система електропостачання освітлювальної мережі третього поверху;
- Система електропостачання освітлювальної мережі третього поверху;

6. Консультанти:

Розділ	Керівник	Завдання видав	Завдання прийняв
Економічна частина	Маценко О. М.	14.09.2020	27.11.2020

7. Дата видачі завдання 14.09.2020 р.

Керівник роботи _____ Лебедка С.М.

Завдання прийняв до виконання _____ Зимогляд Ю.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1.	Підготовка вихідних даних	16.09.2020
2.	Аналітична частина	23.09.2020
3.	Проектно-конструкторська частина	07.10.2020
4.	Розрахункова частина	21.10.2020
5.	Охорона праці	14.11.2020
6.	Економічна частина	27.11.2020
7.	Оформлення креслень та пояснювальної записки	10.12.2020

Студент _____ Ю.В. Зимогляд
(підпис)

Керівник роботи _____ С.М. Лебедка
(підпис)

РЕФЕРАТ

с. 80, рис.9, табл. 49, формул 42, літературні джерела 10, додатків 2

Бібліографічний опис: Зимогляд Ю.В. Розрахунок системи електропостачання третього та четвертого поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ [текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Ю.В. Зимогляд; наук. Керівник С.М. Лебеда. - Суми: СумДУ, 2020. -80 с.

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

электроснабжения, электроприёмник, электроустановка, электрическая нагрузка, кабель, сечение, сеть, трансформатор, короткое замыкание, автоматы.

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

Короткий огляд: Під час роботи зібрані вихідні дані третього та четвертого поверхів 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 конструктивного виконання силової мережі, розрахунок електричних навантаження освітлення, розрахунок силових електричних навантажень, вибір перерізу провідників, розрахунок струмів однофазного короткого замикання, вибір автоматичних вимикачів, розрахунок мережі освітлення за нормою освітленості.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АВ	—	автоматичний вимикач
АД	—	асинхронний двигун
ЕА	—	електричний апарат
ЕП	—	електроприймач
ККУ	—	комплектні конденсаторні установки
КЗ	—	коротке замикання
ПРЕ	—	пункт розподілу електроенергії
ПТЕ	—	правила технічної експлуатації
ПУЕ	—	правила улаштування електроустановок
СЕП	—	система електропостачання
СРШ	—	силова розподільна шафа
ЩО	—	щит освітлення
ЩС	—	щит силовий

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Характеристика цеху промислового підприємства	9
2. Розрахунок силових електричних навантажень	15
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень на першому рівні електропостачання	16
2.2. Розрахунок силових електричних навантажень на другому рівні електропостачання	21
2.3. Розрахунок навантаження загального освітлення	24
3. Вибір перерізу провідників.....	35
3.1. Вибір перерізу провідників живильної мережі напругою до 1 кВ	35
3.1.1 Вибір перерізу кабельних ліній	35
3.2. Вибір перерізу провідників розподільної мережі напругою до 1 кВ	38
3.3. Вибір перерізу провідників внутрішньої освітлювальної мережі	40
4. Розрахунок струмів короткого замикання	50
4.1. Розрахунок струмів трифазного короткого замикання в електричних мережах напругою до 1 кВ	50
4.2. Розрахунок струмів однофазного короткого замикання	53
5. Вибір електричних апаратів.....	56
5.1. Вибір електричних апаратів в силових електричних мережах напругою до 1 кВ.....	57
5.1.1 Вибір автоматичних вимикачів вводу	58
5.1.2 Вибір лінійних автоматичних вимикачів	59
5.1.3 Вибір автоматичних вимикачів до ЕП.....	60

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Розробка системи електропостачання третього та четвертого поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Зимогляд Ю.В.</i>					6	80
<i>Перевір.</i>		<i>Лебедка С.М</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>			<i>СумДУ, ЕТ.м-91</i>			

5.1.4 Вибір автоматичних вимикачів для захисту освітлювальної мережі	62
5.2. Узгодження вибраного перерізу провідників електричної мережі напругою до 1 кВ з вибраними апаратами захисту	64
6. Охорона праці	66
6.1. Перевірка штучного освітлення аудиторій на норму освітленості.....	66
7. Економічна частина.....	71
7.1. Економічна ефективність вибору системи освітлення.....	71
7.2. Порівняння економічної ефективності модернізації загальної освітлювальної мережі	72
Висновок	76
Список літератури	77
Додаток А – Розрахункова схема для визначення струмів трифазного КЗ	79
Додаток Б – Схема заміщення для розрахунку струмів трифазного КЗ	80

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Актуальність теми магістерської роботи: Електричну енергію у сучасному розвиненому суспільстві широко використовують як у виробничій сфері, так і в побуті. Вона за допомогою різного роду пристроїв забезпечує виконання технологічних процесів у виробництві та побуті. Ці пристрої являють собою електроприймачі та споживачі електричної енергії. Основними електроприймачами науково-освітніх будівель та споруд є персональні комп'ютери, проектори, мультимедійні дошки, стенди для виконання лабораторних робіт, електричне освітлення тощо.

Головним завданням проектування системи є розробка раціонального електропостачання з урахуванням новітніх досягнень науки і техніки на основі техніко-економічного обґрунтування рішень, при яких забезпечується оптимальна надійність постачання споживачів електроенергією в необхідних розмірах, необхідної якості з найменшими витратами.

У ході виконання роботи буде розроблено внутрішнє електропостачання третього та четвертого поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ. Для цього будуть розраховані: силові та освітлювальні електричні навантаження, переріз кабелів; обрано електричні апарати захисту від струмів КЗ. Будуть наведені економічно-обґрунтовані заходи, щодо зниження витрат на споживання електричної енергії.

Мета: Проектування надійної, ефективної та раціональної системи електропостачання третього та четвертого поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ.

Об'єкт дослідження: система електропостачання третього та четвертого науково-навчального корпусу «М» СумДУ.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО НАВЧАЛЬНИЙ КОРПУС

У даній магістерській роботі буде розглядатися машинобудівний корпус (М) Сумського державного університету – науково-навчальний корпус, який розташований на території СумДУ. Будівля має чотири поверхи на яких знаходяться лабораторні, комп’ютерні та лекційні аудиторії.

ЕП розраховані на напругу 0,23 – 0,38 кВ частотою 50 Гц.

Напруга джерела живлення: 0,4 кВ.

Режим роботи нейтралі в мережі НН: глухозаземлена.

Температура повітря в приміщеннях: +20°C.

Відсоток ЕП по категорії надійності електропостачання:

I – 0%;

II – 0%;

III – 100%.

Загальний перелік електроприймачів електричної енергії із вказаними вихідними даними наведено у таблицях 1.1-1.4.

Схема живлення ЕП наведена в графічній частині магістерської роботи на аркушах 1–4.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Зимогляд Ю.В.</i>			<i>Розробка системи електропостачання третього та четвертого поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Лебедка С.М</i>					9	80
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ, ЕТ.м-91</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>						

Таблиця 1.1 – Силові електроприймачі третього поверху корпусу М

Номер ЕП	Найменування ЕП	Тип живлення ЕП	Кількість ЕП, n ,	Номінальна потужність, Вт		К-т використання K_B	Коефіцієнти потужності		Приміщення
				одного ЕП, P_n	загальна, P_H		$\cos\varphi$	$tg\varphi$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Проектор	Однофазний	1	250	250	0,15	0,86	0,59	М-310
2	Монітор	Однофазний	12	70	840	0,3	0,63	1,23	
3	Системний блок	Однофазний	12	150	1800	0,3	0,75	0,88	
4	Лабораторний стенд	Трифазний	5	500	2500	0,15	0,82	0,70	М-305
5	Осцилограф	Однофазний	5	60	300	0,15	0,63	1,23	
6	Принтер	Однофазний	1	250	250	0,2	0,75	0,88	М-307(а)
7	Монітор	Однофазний	1	70	70	0,5	0,57	1,44	
8	Системний блок	Однофазний	1	200	200	0,5	0,75	0,88	
9	Вентилятор	Однофазний	1	50	50	0,4	0,89	0,51	М-307
10	Принтер	Однофазний	2	300	600	0,5	0,69	1,05	
11	Монітор	Однофазний	3	45	135	0,8	0,63	1,23	
12	Системний блок	Однофазний	3	250	750	0,8	0,75	0,88	
13	Чайник	Однофазний	1	900	900	0,03	1,00	0,00	
14	Кавоварка	Однофазний	1	550	550	0,02	0,99	0,14	
15	Мікрохвильова піч	Однофазний	1	1400	1400	0,05	0,92	0,43	
16	Кондиціонер	Однофазний	1	2000	2000	0,25	0,80	0,75	М-309
17	Холодильник	Однофазний	1	150	150	1	0,90	0,48	
18	Монітор	Однофазний	1	70	70	0,8	0,63	1,23	
19	Системний блок	Однофазний	1	150	150	0,8	0,75	0,88	
20	Принтер	Однофазний	1	200	200	0,3	0,69	1,05	
21	Сканер	Однофазний	1	300	300	0,3	0,69	1,05	
22	Кондиціонер	Однофазний	1	1500	1500	0,25	0,80	0,75	М-305(б)
Всього по ЩС-8 (без освітлення)			57						
23	Принтер	Однофазний	1	350	350	0,6	0,69	1,05	
24	Монітор	Однофазний	5	60	300	0,7	0,63	1,23	
25	Системний блок	Однофазний	5	200	1000	0,7	0,75	0,88	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

10

Продовження таблиці 1.1

26	Свердлильний станок	Трифазний	1	1300	1300	0,05	0,45	1,98	М-305(а)
27	Точильний станок	Трифазний	1	280	280	0,1	0,6	1,33	
28	Лабораторний стенд	Однофазний	2	220	440	0,15	0,93	0,40	М-306
29	Стенд для дослідження випрямлячів	Трифазний	3	300	900	0,1	0,97	0,25	
30	Монітор	Однофазний	1	90	90	0,7	0,63	1,23	М-303
31	Системний блок	Однофазний	1	300	300	0,7	0,75	0,88	
32	Принтер	Однофазний	1	150	150	0,4	0,69	1,05	
33	Вентилятор	Однофазний	1	70	70	0,5	0,85	0,62	
34	Кулер	Однофазний	1	400	400	0,15	0,96	0,29	М-301
Всього по ЩС-10 (без освітлення)			23						
35	Монітор	Однофазний	1	150	150	0,1	0,63	1,23	М-308
36	Стенд дослідження максимального струму	Трифазний	2	7600	15200	0,1	0,9	0,48	
37	Стенд дослідження захисту лінії	Трифазний	1	7600	7600	0,1	0,9	0,48	
38	Стенд дослідження режимів КЗ	Трифазний	1	7600	7600	0,1	0,9	0,48	
39	Лабораторний стенд	Однофазний	2	300	600	0,1	0,9	0,48	М-304
40	Стенд для дослідження електродвигуна	Трифазний	1	2400	2400	0,1	0,85	0,62	
41	Стенд для дослідження електродвигуна	Трифазний	1	2400	2400	0,1	0,85	0,62	
42	Стенд для дослідження лінії	Трифазний	1	300	300	0,1	0,97	0,25	
43	Стенд для дослідження лінії	Трифазний	1	300	300	0,1	0,97	0,25	
44	Проектор	Однофазний	1	250	250	0,8	0,86	0,59	
Всього по РП-3			12						

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

11

Таблиця 1.2 – Силові електроприймачі четвертого поверху корпусу М

Номер ЕП	Найменування ЕП	Тип живлення ЕП	Кількість ЕП, n	Номінальна потужність, Вт		К-т використання K_B	Коефіцієнти потужності		Приміщення
				одного ЕП, P_n	загальна, P_H		$\cos\varphi$	$tg\varphi$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Проектор	Однофазний	1	300	300	0,15	0,86	0,59	М-409
2	Монітор	Однофазний	13	90	1170	0,3	0,63	1,23	
3	Системний блок	Однофазний	13	250	3250	0,3	0,75	0,88	
4	Принтер	Однофазний	2	250	500	0,2	0,75	0,88	М-408
5	Монітор	Однофазний	2	90	180	0,5	0,57	1,44	
6	Системний блок	Однофазний	2	250	500	0,5	0,75	0,88	
7	Серверна	Однофазний	1	2000	2000	1,0	0,75	0,88	
8	Проектор	Однофазний	1	400	400	0,5	0,86	0,59	М-412
9	Мультимедійна дошка	Однофазний	1	300	300	0,5	0,63	1,23	
Всього по ЩС-9 (без освітлення)			36						
10	Принтер	Однофазний	1	300	300	0,4	0,69	1,05	М-406
11	Монітор	Однофазний	2	150	300	0,7	0,63	1,23	
12	Системний блок	Однофазний	2	200	400	0,7	0,75	0,88	
13	Колонки	Однофазний	2	20	40	0,15	0,8	0,75	М-407
14	Принтер	Однофазний	1	300	300	0,4	0,69	1,05	
15	Сканер	Однофазний	1	350	350	0,3	0,69	1,05	
16	Монітор	Однофазний	4	100	400	0,6	0,63	1,23	
17	Системний блок	Однофазний	4	200	800	0,6	0,75	0,88	М-404
18	Колонки	Однофазний	1	20	20	0,15	0,8	0,75	
19	Принтер	Однофазний	1	180	180	0,3	0,69	1,05	М-405
20	Монітор	Однофазний	2	80	160	0,7	0,63	1,23	
21	Системний блок	Однофазний	2	200	400	0,7	0,75	0,88	М-415
22	Ксерокс	Однофазний	1	350	350	0,25	0,69	1,05	
23	Принтер	Однофазний	1	200	200	0,3	0,69	1,05	
24	Монітор	Однофазний	1	80	80	0,8	0,63	1,23	М-415
25	Системний блок	Однофазний	1	200	200	0,8	0,75	0,88	
26	Монітор	Однофазний	1	90	90	0,8	0,63	1,23	
27	Системний блок	Однофазний	1	200	200	0,8	0,75	0,88	
28	Принтер	Однофазний	1	300	300	0,4	0,69	1,05	М-415
29	Колонки	Однофазний	1	25	25	0,15	0,8	0,75	
30	Кондиціонер	Однофазний	1	800	800	0,25	0,8	0,75	
Всього по ЩС-11 (без освітлення)			32						

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

12

Таблиця 1.3 – Освітлювальні електроприймачі третього поверху корпусу М

Номер п/п	Найменування	Кількість, <i>n</i> , шт	Номінальна потужність, Вт		К-т попиту, Кл	Коефіцієнти потужності		Приміщення
			одного, P_n	загальна, P_H		$\cos\varphi$	$tg\varphi$	
1	2	4	5	6	7	8	9	10
1	Лампа люмінесцентна (6x4)	24	25	600	0,8	0,92	0,43	М-305
2	Лампа люмінесцентна (6x4)	24	25	600	0,8	0,92	0,43	М-310
3	Лампа люмінесцентна (6x4)	24	36	864	0,8	0,92	0,43	М-308
4	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	20	160	0,8	0,92	0,43	М-309
5	Лампа люмінесцентна (2x3)	6	18	108	0,8	0,92	0,43	М-307(а)
6	Лампа люмінесцентна (5x4)	20	25	500	0,8	0,92	0,43	М-307
7	Світильник світлодіодний	3	36	108	0,8	0,90	0,48	Туалет
8	Лампа розжарювання	1	60	60	0,8	1,00	0,00	Підсобне приміщення
9	Лампа світлодіодна (4x4)	16	18	288	0,8	0,90	0,48	Коридор
Всього по ЩО-8		126		3288				
10	Лампа люмінесцентна (3x4)	12	25	300	0,8	0,92	0,43	М-305(а)
11	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	25	200	0,8	0,92	0,43	М-305(б)
12	Лампа люмінесцентна (8x4)	32	36	1152	0,8	0,92	0,43	М-304
13	Світильник світлодіодний	3	36	108	0,8	0,90	0,48	М-301
14	Світильник світлодіодний	6	36	216	0,8	0,90	0,48	М-302
15	Світильник світлодіодний	3	36	108	0,8	0,90	0,48	М-303
16	Лампа люмінесцентна (4x4)	16	36	576	0,8	0,92	0,43	М-306
17	Лампа розжарювання	1	100	100	0,8	1,00	0,00	М-311
Всього по ЩО-10		81		2760				

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

13

Таблиця 1.4 – Освітлювальні електроприймачі четвертого поверху корпусу М

Номер п/п	Найменування	Кількість, n , шт	Номінальна потужність, Вт		К-т погину, $K_{П}$	Коефіцієнти потужності		Приміщення
			одного, $P_{н}$	загальна, $P_{Н}$		$\cos\varphi$	$tg\varphi$	
1	2	4	5	6	7	8	9	10
1	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	25	200	0,8	0,92	0,43	М-408
2	Лампа люмінесцентна (8x4)	32	25	800	0,8	0,92	0,43	М-409
3	Лампа люмінесцентна (6x4)	24	25	600	0,8	0,92	0,43	М-410
4	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	25	200	0,8	0,92	0,43	М-411
5	Світильник світлодіодний	4	72	288	0,8	0,90	0,48	М-412
6	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	18	144	0,8	0,92	0,43	
7	Світильник світлодіодний	2	36	72	0,8	0,90	0,48	М-413
8	Лампа люмінесцентна (3x4)	12	25	300	0,8	0,92	0,43	Коридор
Всього по ЩО-9		98		2604				
9	Світильник світлодіодний	6	36	216	0,8	0,90	0,48	М-401
10	Світильник світлодіодний	3	36	108	0,8	0,90	0,48	М-402
11	Світильник світлодіодний	3	36	108	0,8	0,90	0,48	М-403
12	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	25	200	0,8	0,92	0,43	М-404
13	Лампа люмінесцентна (4x4)	16	25	400	0,8	0,92	0,43	М-405
14	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	25	200	0,8	0,92	0,43	М-406
15	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	25	200	0,8	0,92	0,43	М-407
16	Лампа люмінесцентна (4x4)	16	25	400	0,8	0,92	0,43	М-414
17	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	25	200	0,8	0,92	0,43	М-415
Всього по ЩО-10		68		2032				

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

14

2. 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 [1].

У даній роботі визначенню підлягають такі значення навантажень:

- *Розрахункове* – приймається рівним математичному сподіванню максимального навантаження за інтервал часу 30 хв. Необхідне для вибору перерізу струмопровідних частин, номінального струму ЕА, та для визначення втрат потужності та напруги;
- *Середнє за максимально завантаженою зміну* – групове навантаження, яке обумовлене неоднаковим завантаження у даний момент часу. Використовується для визначення розрахункового навантаження;

Для розрахунку електричних навантажень на кожному поверсі варто виділити два рівні електропостачання [2]:

- *Перший рівень* – це електричні мережі напругою до 1кВ, які приєднують окремі ЕП до ПРЕ;
- *Другий рівень* – це електричні мережі напругою до 1 кВ, які приєднують ПРЕ до ВРП;

Обчислення розрахункових навантажень на другому рівні електропостачання здійснюється *методом упорядкованих діаграм* [4]. Цей метод належить до основних методів розрахунку електричних навантажень та є найбільш точним.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Зимогляд Ю.В.</i>			<i>Розробка системи електропостачання третього та четвертого поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Лебедка С.М</i>					<i>15</i>	<i>80</i>
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ, ЕТ.м-91</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>						

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень на першому рівні електропостачання

На *першому* рівні електропостачання навантаження на лінію створюється одним ЕП, тому для всіх таких приєднань при відомому фактичному коефіцієнті завантаження k_3 (в нашому випадку $k_3 = 1$) ЕП розрахункові активні та реактивні навантаження визначаються за формулами [2]:

$$p_p = k_3 \cdot p_{\text{ном}} , \quad (2.1)$$

$$q_p = p_p \cdot \text{tg}\varphi , \quad (2.2)$$

$$s_p = \sqrt{p_p^2 + q_p^2} , \quad (2.3)$$

$$I_p = \frac{s_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} , \quad (2.4)$$

де $\text{tg}\varphi$ – відповідає паспортному значенню коефіцієнта потужності $\cos\varphi$, яке характерне для даного ЕП;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга електричної мережі до 1 кВ;

Отримані за формулами (2.1) – (2.4) результати розрахунків для ЕП відповідного поверху наводяться в таблиці 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Розрахункове силове навантаження на третьому поверсі

Номер ЕП	Найменування ЕП	Тип живлення ЕП	Ном. Потуж. одного ЕП, p_n , Вт	Коефіцієнти потужності		Розрахункова потужність			Розрахунковий струм I_p , А	Приміщення
				$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	актив на p_p , Вт	реактивна q_p , ВАр	повна s_p , ВА		
1	2	3	5	8	9	10	11	12	13	14
1	Проектор	Однофазний	250	0,86	0,59	250	148,34	290,70	1,32	М-310
2	Монітор	Однофазний	70	0,63	1,23	70	86,29	111,11	0,51	
3	Системний блок	Однофазний	150	0,75	0,88	150	132,29	200,00	0,91	

Продовження таблиці 2.1

Номер ЕП	Найменування ЕП	Тип живлення ЕП	Ном. потуж. одного ЕП, P_n , Вт	Коефіцієнти потужності		Розрахункова потужність			Розрахунковий струм I_p , А	Приміщення
				$\cos\varphi$	$tg\varphi$	актив на p_p , Вт	реактивна q_p , ВАр	повна s_p , ВА		
1	2	3	5	8	9	10	11	12	13	14
4	Лабораторний стенд	Трифазний	500	0,82	0,70	500	349,00	609,76	0,93	М-305
5	Осцилограф	Однофазний	60	0,63	1,23	60	73,96	95,24	0,43	
6	Принтер	Однофазний	250	0,75	0,88	250	220,48	333,33	1,52	М-307(а)
7	Монітор	Однофазний	70	0,57	1,44	70	100,90	122,81	0,56	
8	Системний блок	Однофазний	200	0,75	0,88	200	176,38	266,67	1,21	
9	Вентилятор	Однофазний	50	0,89	0,51	50	25,62	56,18	0,26	
10	Принтер	Однофазний	300	0,69	1,05	300	314,70	434,78	1,98	М-307
11	Монітор	Однофазний	45	0,63	1,23	45	55,47	71,43	0,32	
12	Системний блок	Однофазний	250	0,75	0,88	250	220,48	333,33	1,52	
13	Чайник	Однофазний	900	1,00	0,00	900	0,00	900,00	4,09	
14	Кавоварка	Однофазний	550	0,99	0,14	550	78,37	555,56	2,53	
15	Мікрохвильова піч	Однофазний	1400	0,92	0,43	1400	596,40	1521,74	6,92	
16	Кондиціонер	Однофазний	2000	0,80	0,75	2000	1500,00	2500,00	11,36	
17	Холодильник	Однофазний	150	0,90	0,48	150	72,65	166,67	0,76	М-309
18	Монітор	Однофазний	70	0,63	1,23	70	86,29	111,11	0,51	
19	Системний блок	Однофазний	150	0,75	0,88	150	132,29	200,00	0,91	
20	Принтер	Однофазний	200	0,69	1,05	200	209,80	289,86	1,32	
21	Сканер	Однофазний	300	0,69	1,05	300	314,70	434,78	1,98	
22	Кондиціонер	Однофазний	1500	0,80	0,75	1500	1125,00	1875,00	8,52	М-305(б)
23	Принтер	Однофазний	350	0,69	1,05	350	367,15	507,25	2,31	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

17

Продовження таблиці 2.1

Номер ЕП	Найменування ЕП	Тип живлення ЕП	Ном. потуж. одного ЕП, P_n , Вт	Коефіцієнти потужності		Розрахункова потужність			Розрахунковий струм I_p , А	Приміщення
				$\cos\varphi$	$tg\varphi$	актив на p_p , Вт	реактивна q_p , ВАр	повна s_p , ВА		
1	2	3	5	8	9	10	11	12	13	14
24	Монітор	Однофазний	60	0,63	1,23	60	73,96	95,24	0,43	М-305(б)
25	Системний блок	Однофазний	200	0,75	0,88	200	176,38	266,67	1,21	
26	Свердлильний станок	Трифазний	1300	0,45	1,98	1300	2579,86	2888,89	4,39	М-305(а)
27	Точильний станок	Трифазний	280	0,6	1,33	280	373,33	466,67	0,71	
28	Лабораторний стенд	Однофазний	220	0,93	0,40	220	86,95	236,56	1,08	М-306
29	Стенд для дослідження випрямлячів	Трифазний	300	0,97	0,25	300	75,19	309,28	0,47	
30	Монітор	Однофазний	90	0,63	1,23	90	110,94	142,86	0,65	М-303
31	Системний блок	Однофазний	300	0,75	0,88	300	264,58	400,00	1,82	
32	Принтер	Однофазний	150	0,69	1,05	150	157,35	217,39	0,99	
33	Вентилятор	Однофазний	70	0,85	0,62	70	43,38	82,35	0,37	
34	Кулер	Однофазний	400	0,96	0,29	400	116,67	416,67	1,89	М-301
35	Монітор	Однофазний	150	0,63	1,23	150	184,90	238,10	1,08	М-308
36	Стенд дослідження максимального струму	Трифазний	7600	0,9	0,48	7600	3680,85	8444,44	12,83	
37	Стенд дослідження захисту лінії	Трифазний	7600	0,9	0,48	7600	3680,85	8444,44	12,83	
38	Стенд дослідження режимів КЗ	Трифазний	7600	0,9	0,48	7600	3680,85	8444,44	12,83	
39	Лабораторний стенд	Однофазний	300	0,9	0,48	300	145,30	333,33	1,52	М-304

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

18

Кінець таблиці 2.1

Номер ЕП	Найменування ЕП	Тип живлення ЕП	Ном. потуж. одного ЕП, P_n , Вт	Коефіцієнти потужності		Розрахункова потужність			Розрахунковий струм I_p , А	Приміщення
				$\cos\varphi$	$tg\varphi$	активна p_p , Вт	реактивна q_p , ВАр	повна s_p , ВА		
1	2	3	5	8	9	10	11	12	13	14
40	Стенд для дослідження електродвигуна	Трифазний	2400	0,85	0,62	2400	1487,39	2823,53	4,29	М-304
41	Стенд для дослідження електродвигуна	Трифазний	2400	0,85	0,62	2400	1487,39	2823,53	4,29	
42	Стенд для дослідження лінії	Трифазний	300	0,97	0,25	300	75,19	309,28	0,47	
43	Стенд для дослідження лінії	Трифазний	300	0,97	0,25	300	75,19	309,28	0,47	
44	Проектор	Однофазний	250	0,86	0,59	250	148,34	290,70	1,32	

Таблиця 2.2 – Розрахункове силове навантаження на четвертому поверсі

Номер ЕП	Найменування ЕП	Тип живлення ЕП	Ном. потуж. одного ЕП, P_n , Вт	Коефіцієнти потужності		Розрахункова потужність			Розрахунковий струм I_p , А	Приміщення
				$\cos\varphi$	$tg\varphi$	активна p_p , Вт	реактивна q_p , ВАр	повна s_p , ВА		
1	2	3	5	8	9	10	11	12	13	14
1	Проектор	Однофазний	300	0,86	0,59	300	178,01	348,84	1,59	М-409
2	Монітор	Однофазний	90	0,63	1,23	90	110,94	142,86	0,65	
3	Системний блок	Однофазний	250	0,75	0,88	250	220,48	333,33	1,52	
4	Принтер	Однофазний	250	0,75	0,88	250	220,48	333,33	1,52	М-408
5	Монітор	Однофазний	90	0,57	1,44	90	129,73	157,89	0,72	
6	Системний блок	Однофазний	250	0,75	0,88	250	220,48	333,33	1,52	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

19

Продовження таблиці 2.2

Номер ЕП	Найменування ЕП	Тип живлення ЕП	Ном. потуж. одного ЕП, P_n , Вт	Коефіцієнти потужності		Розрахункова потужність			Розрахунковий струм I_p , А	Приміщення
				$\cos\varphi$	$tg\varphi$	активна p_p , Вт	реактивна q_p , ВАр	повна s_p , ВА		
1	2	3	5	8	9	10	11	12	13	14
7	Серверна	Однофазний	2000	0,75	0,88	2000	1763,83	2666,67	12,12	М-408
8	Проектор	Однофазний	400	0,86	0,59	400	237,35	465,12	2,11	М-412
9	Мультимедійна дошка	Однофазний	300	0,63	1,23	300	369,81	476,19	2,16	
10	Принтер	Однофазний	300	0,69	1,05	300	314,70	434,78	1,98	М-406
11	Монітор	Однофазний	150	0,63	1,23	150	184,90	238,10	1,08	
12	Системний блок	Однофазний	200	0,75	0,88	200	176,38	266,67	1,21	
13	Колонки	Однофазний	20	0,8	0,75	20	15,00	25,00	0,11	
14	Принтер	Однофазний	300	0,69	1,05	300	314,70	434,78	1,98	М-407
15	Сканер	Однофазний	350	0,69	1,05	350	367,15	507,25	2,31	
16	Монітор	Однофазний	100	0,63	1,23	100	123,27	158,73	0,72	
17	Системний блок	Однофазний	200	0,75	0,88	200	176,38	266,67	1,21	
18	Колонки	Однофазний	20	0,8	0,75	20	15,00	25,00	0,11	
19	Принтер	Однофазний	180	0,69	1,05	180	188,82	260,87	1,19	М-404
20	Монітор	Однофазний	80	0,63	1,23	80	98,62	126,98	0,58	
21	Системний блок	Однофазний	200	0,75	0,88	200	176,38	266,67	1,21	
22	Ксерокс	Однофазний	350	0,69	1,05	350	367,15	507,25	2,31	М-405
23	Принтер	Однофазний	200	0,69	1,05	200	209,80	289,86	1,32	
24	Монітор	Однофазний	80	0,63	1,23	80	98,62	126,98	0,58	
25	Системний блок	Однофазний	200	0,75	0,88	200	176,38	266,67	1,21	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

20

Кінець таблиці 2.2

Номер ЕП	Найменування ЕП	Тип живлення ЕП	Ном. потуж. одного ЕП, P_n , Вт	Коефіцієнти потужності		Розрахункова потужність			Розрахунковий струм I_p , А	Приміщення
				$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	активна p_p , Вт	реактивна q_p , ВАр	повна s_p , ВА		
1	2	3	5	8	9	10	11	12	13	14
26	Монітор	Однофазний	90	0,63	1,23	90	110,94	142,86	0,65	М-415
27	Системний блок	Однофазний	200	0,75	0,88	200	176,38	266,67	1,21	
28	Принтер	Однофазний	300	0,69	1,05	300	314,70	434,78	1,98	
29	Колонки	Однофазний	25	0,8	0,75	25	18,75	31,25	0,14	
30	Кондиціонер	Однофазний	800	0,8	0,75	800	600,00	1000,00	4,55	

2.2. Розрахунок силових електричних навантажень на другому рівні електропостачання

На *другому* рівні електропостачання навантаження на живильну лінію створюється групою ЕП, які приєднані до ПРЕ. Оскільки, одночасно з максимальним навантаженням усі ЕП не працюють, то результуюче навантаження буде менше від суми їх номінальних потужностей, що характеризується коефіцієнтами розрахункових активних і реактивних навантажень $K_{p,a}$ і $K_{p,p}$ відповідно.

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 [4].

Ефективне число ЕП n_e – це умовна кількість однорідних за режимом роботи ЕП однакової потужності, яка зумовлює таке саме значення розрахункового навантаження, що і група різних за потужністю ЕП. Величина n_e визначається за формулою

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n p_{\text{ном.}i})^2}{\sum_{i=1}^n p_{\text{ном.}i}^2}, \quad (2.5)$$

де n – кількість працюючих ЕП в групі;

$p_{\text{ном.}i}$ – номінальна активна потужність i -го ЕП.

Знайдене за формулою (2.5) значення n_e округляється до найближчого меншого цілого числа. Число ефективних ЕП приймається рівним дійсному числу ЕП n , якщо відношення потужностей найбільшого до найменшого ЕП групи не перевищує 3 ($p_{\text{ном.макс}}/p_{\text{ном.мін}} \leq 3$) [2].

Для груп різних ЕП різної потужності та режиму роботи груповий коефіцієнт використання активної потужності K_B визначається за формулою

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^k P_{\text{см.}i}}{\sum_{i=1}^k P_{\text{ном.}i}}, \quad (2.6)$$

де k – кількість характерних груп ЕП;

$P_{\text{см.}i}$ – групова середня активна потужність за максимально завантаженою зміну i -ї групи ЕП;

$P_{\text{ном.}i}$ – групова номінальна активна потужність i -ї групи ЕП.

$$P_{\text{см.}i} = \sum_{i=1}^n k_{\text{в.}i} \cdot p_{\text{ном.}i}, \quad (2.7)$$

$$P_{\text{ном.}i} = \sum_{i=1}^n p_{\text{ном.}i}, \quad (2.8)$$

де n – кількість працюючих ЕП в групі;

$k_{\text{в.}i}$ – коефіцієнт використання активної потужності i -го ЕП;

$p_{\text{ном.}i}$ – номінальна активна потужність i -го ЕП.

Коефіцієнти використання активної потужності k_B наводяться у відповідній технічній та довідковій літературі [5].

У разі підключення однофазного електричного приймача на фазну напругу 220 В його враховують як еквівалентний трифазний електроприймач із номінальною потужністю, що дорівнює [4]:

$$p_{\text{ном.}i} = 3 \cdot p_{\text{ном.одн.}i}, \quad (2.9)$$

де $p_{\text{ном.одн.}i}$ – номінальна активна потужність однофазного ЕП.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Числові значення коефіцієнтів розрахункових активних навантажень $K_{p,a}$ на другому рівні електропостачання наводяться у відповідній технічній та довідковій літературі [3].

На другому рівні електропостачання розрахункове силове активне навантаження $P_{p,2}$ і розрахункове силове реактивне навантаження $Q_{p,2}$ для n ЕП визначаються за формулами

$$P_{p,2} = K_{p,a} \cdot \sum_{i=1}^n k_{в.і} \cdot p_{ном.і} = K_{p,a} \cdot \sum_{i=1}^n p_{см.і}, \quad (2.10)$$

$$Q_{p,2} = K_{p,p} \cdot \sum_{i=1}^n k_{в.і} \cdot p_{ном.і} \cdot tg\varphi_{ном.і} = K_{p,p} \cdot \sum_{i=1}^n q_{см.і}, \quad (2.11)$$

де $p_{см.і}$, $q_{см.і}$ – середні активна та реактивна потужності за максимально завантаженою зміну i -го ЕП відповідно;

$tg\varphi_{ном.і}$ – відповідає номінальному значенню коефіцієнта потужності $cos\varphi_{ном.і}$, яке характерне для даного виду ЕП.

У формулі (2.11) коефіцієнт розрахункових реактивних навантажень $K_{p,p}$ при числі ефективних ЕП $n_e \leq 10$ приймається $K_{p,p} = 1.1$, а при $n_e > 10$ приймається $K_{p,p} = 1$ [2].

Розрахункове силове повне навантаження на другому рівні електропостачання визначається за формулою

$$S_{p,2} = \sqrt{P_{p,2}^2 + Q_{p,2}^2}, \quad (2.12)$$

При цьому розрахунковий струм дорівнює

$$I_{p,2} = \frac{S_{p,2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (2.13)$$

Отримані за формулами (2.6) – (2.13) результати розрахунків для ЕП поверху наводяться в таблицях 2.5 – 2.9 для кожного ПРЕ окремо (див. ст. 28).

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Розрахунок навантаження загального освітлення

Електричне освітлення аудиторних приміщень виконується світильниками, які розподілені рівномірно по кожній окремій фазі трифазної електричної мережі. Тому електричне освітлення можна розглядати як симетричне трифазне навантаження. [2].

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

Розрахункове активне навантаження загального освітлення визначається так:

$$P_{p.o} = K_{п.о} \cdot P_{заг.о} , \quad (2.14)$$

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

Для адміністративно-побутових, інженерно-лабораторних та інших корпусів $K_{п.о} = 0,8$ [2].

Розрахункове реактивне навантаження загального освітлення цеху визначається як

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \cdot tg\varphi_0 , \quad (2.15)$$

де $tg\varphi_0$ – відповідає значенню коефіцієнта потужності $cos\varphi_0$.

Розрахункове повне навантаження загального освітлення цеху визначається так:

$$S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2} , \quad (2.16)$$

При цьому розрахунковий струм дорівнює

$$I_{p.o} = \frac{S_{p.o}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} , \quad (2.17)$$

Результати розрахунків загального освітлення наведено у таблиці 2.3

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку загального освітлення на третьому поверсі

Номер п/п	Найменування	Кількість, n , шт	Ном. потужність, кВт		К-т попигу, K_L	К-ти потужності		Розрахункова потужність			Розрахунковий струм I_P , А	Приміщення
			одного, P_H	загальна, P_H		$\cos\varphi$	$tg\varphi$	активна P_P , кВт	реактивна Q_P , кВАр	повна S_P , кВА		
1	2	4	5	6	7	8	9	14	15	16	17	18
1	Лампа люмінесцентна (6x4)	24	0,025	0,60	0,8	0,92	0,43	0,48	0,20	0,52	0,79	М-305
2	Лампа люмінесцентна (6x4)	24	0,025	0,60	0,8	0,92	0,43	0,48	0,20	0,52	0,79	М-310
3	Лампа люмінесцентна (6x4)	24	0,036	0,86	0,8	0,92	0,43	0,69	0,29	0,75	1,14	М-308
4	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	0,02	0,16	0,8	0,92	0,43	0,13	0,05	0,14	0,21	М-309
5	Лампа люмінесцентна (2x3)	6	0,018	0,11	0,8	0,92	0,43	0,09	0,04	0,09	0,14	М-307(а)
6	Лампа люмінесцентна (5x4)	20	0,025	0,50	0,8	0,92	0,43	0,40	0,17	0,43	0,66	М-307
7	Світильник світлодіодний	3	0,036	0,11	0,8	0,90	0,48	0,09	0,04	0,10	0,15	Туалет
8	Лампа розжарювання	1	0,06	0,06	0,8	1,00	0,00	0,05	0,00	0,05	0,07	Підсобне приміщення
9	Лампа світлодіодна (4x4)	16	0,018	0,29	0,8	0,90	0,48	0,23	0,11	0,26	0,39	Коридор
Всього по ЩО-8		126		3,29	0,8	0,92	0,43	2,63	1,12	2,86	4,35	
10	Лампа люмінесцентна (3x4)	12	0,075	0,90	0,8	0,92	0,43	0,72	0,31	0,78	1,19	М-305(а)
11	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	0,075	0,60	0,8	0,92	0,43	0,48	0,20	0,52	0,79	М-305(б)
12	Лампа люмінесцентна (8x4)	32	0,108	3,46	0,8	0,92	0,43	2,76	1,18	3,01	4,57	М-304

Арк.

MP 3.8.141.130 ПЗ

25

Зм. Арк. Не докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 2.3

Номер п/п	Найменування	Кількість, n , шт	Ном. потужність, кВт		К-ти потуж, Кл	К-ти потужності		Розрахункова потужність			Розрахунковий струм I_P , А	Приміщення
			одного, P_n	загална, P_H		$\cos\varphi$	$tg\varphi$	активна P_P , кВт	реактивна Q_P , кВАр	повна S_P , кВА		
1	2	4	5	6	7	8	9	14	15	16	17	18
13	Світильник світлодіодний	3	0,108	0,11	0,8	0,90	0,48	0,09	0,04	0,10	0,15	М-301
14	Світильник світлодіодний	6	0,108	0,22	0,8	0,90	0,48	0,17	0,08	0,19	0,29	М-302
15	Світильник світлодіодний	3	0,108	0,11	0,8	0,90	0,48	0,09	0,04	0,10	0,15	М-303
16	Лампа люмінесцентна (4x4)	16	0,108	0,58	0,8	0,92	0,43	0,46	0,20	0,50	0,76	М-306
17	Лампа розжарювання	1	0,3	0,10	0,8	1,00	0,00	0,08	0,00	0,08	0,12	М-311
Всього по ЩО-10		81		2,76	0,8	0,92	0,42	2,21	0,93	2,40	3,65	

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку загального освітлення на четвертому поверсі

Номер п/п	Найменування	Кількість, n , шт	Ном. потужність, кВт		К-т потуж, Кл	Коефіцієнт и потужності		Розрахункова потужність			Розрахунковий струм I_P , А	Приміщення
			одного, P_n	загална, P_H		$\cos\varphi$	$tg\varphi$	активна P_P , кВт	реактивна Q_P , кВАр	повна S_P , кВА		
1	2	4	5	6	7	8	9	14	15	16	17	18
1	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	0,025	0,20	0,8	0,92	0,43	0,16	0,07	0,17	0,26	М-408
2	Лампа люмінесцентна (8x4)	32	0,025	0,80	0,8	0,92	0,43	0,64	0,27	0,70	1,06	М-409
3	Лампа люмінесцентна (6x4)	24	0,025	0,60	0,8	0,92	0,43	0,48	0,20	0,52	0,79	М-410
4	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	0,025	0,20	0,8	0,92	0,43	0,16	0,07	0,17	0,26	М-411

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МР 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

26

Продовження таблиці 2.4

Номер п/п	Найменування	Кількість, n , шт	Ном. потужність, кВт		К-т пошту, Кл	Коефіцієнт і потужності		Розрахункова потужність			Розрахунковий струм I_p , А	Приміщення
			одного, P_n	загалюна, P_H		$\cos\varphi$	$tg\varphi$	Акт. P_p , кВт	Реакт. Q_p , кВАр	повна S_p , кВА		
1	2	4	5	6	7	8	9	14	15	16	17	18
5	Світильник світлодіодний	4	0,072	0,29	0,8	0,90	0,48	0,23	0,11	0,26	0,39	М-412
6	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	0,018	0,14	0,8	0,92	0,43	0,12	0,05	0,13	0,19	
7	Світильник світлодіодний	2	0,036	0,07	0,8	0,90	0,48	0,06	0,03	0,06	0,10	М-413
8	Лампа люмінесцентна (3x4)	12	0,025	0,30	0,8	0,92	0,43	0,24	0,10	0,26	0,40	Коридор
Всього по ЩО-9		98		2,60	0,8	0,92	0,43	2,08	0,90	2,27	3,45	
9	Світильник світлодіодний	6	0,036	0,22	0,8	0,90	0,48	0,17	0,08	0,19	0,29	М-401
10	Світильник світлодіодний	3	0,036	0,11	0,8	0,90	0,48	0,09	0,04	0,10	0,15	М-402
11	Світильник світлодіодний	3	0,036	0,11	0,8	0,90	0,48	0,09	0,04	0,10	0,15	М-403
12	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	0,025	0,20	0,8	0,92	0,43	0,16	0,07	0,17	0,26	М-404
13	Лампа люмінесцентна (4x4)	16	0,025	0,40	0,8	0,92	0,43	0,32	0,14	0,35	0,53	М-405
14	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	0,025	0,20	0,8	0,92	0,43	0,16	0,07	0,17	0,26	М-406
15	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	0,025	0,20	0,8	0,92	0,43	0,16	0,07	0,17	0,26	М-407
16	Лампа люмінесцентна (4x4)	16	0,025	0,40	0,8	0,92	0,43	0,32	0,14	0,35	0,53	М-414
17	Лампа люмінесцентна (2x4)	8	0,025	0,20	0,8	0,92	0,43	0,16	0,07	0,17	0,26	М-415
Всього по ЩО-11		68		1,83	0,8	0,92	0,44	1,47	0,64	1,60	2,43	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

MP 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

27

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку електричних навантажень по ЩС-8 (3-й поверх)

Номер ЕП	Найменування ЕП	Тип живлення ЕП	К-ть, n , шт	Номінальна потужність, кВт		К-т викор. K_B	К-ти потужності		$K_B \times P_H$	$K_B \times P_H \times tg\varphi$	Еф. кт-ь ЕП, η_e , шт	К-т розрах. навант., K_P	Розрах. потужність			Розрах. струм I_P , А	Приміщення
				одного ЕП, p_n	загальна, P_H		$cos\varphi$	$tg\varphi$					Акт. P_P , кВт	Реакт. Q_P , кВАр	Пов. S_P , кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Проектор	I фазний	1	0,75	0,75	0,15	0,86	0,59	0,11	0,07							М-310
2	Монітор	I фазний	12	0,21	2,52	0,3	0,63	1,23	0,76	0,93							
3	Системний блок	I фазний	12	0,45	5,40	0,3	0,75	0,88	1,62	1,43							
Всього по ЩС-2			25		8,67	0,29	0,72	0,98	2,49	2,43	21	1,03	2,56	2,56	3,62	5,51	
4	Лабораторний стенд	III фазний	5	0,50	2,50	0,15	0,82	0,70	0,38	0,26							М-305
5	Осцилограф	I фазний	5	0,18	0,90	0,15	0,63	1,23	0,14	0,17							
Всього по ЩС-3			10		3,40	0,15	0,77	0,84	0,51	0,43	8	1,78	0,91	1,00	1,35	2,05	
6	Принтер	I фазний	1	0,75	0,75	0,2	0,75	0,88	0,15	0,13							М-307(а)
7	Монітор	I фазний	1	0,21	0,21	0,5	0,57	1,44	0,11	0,15							
8	Системний блок	I фазний	1	0,60	0,60	0,5	0,75	0,88	0,30	0,26							
9	Вентилятор	I фазний	1	0,15	0,15	0,4	0,89	0,51	0,06	0,03							
Всього по ЩС-15			4		1,71	0,36	0,73	0,94	0,62	0,58	2	2,17	1,33	1,47	1,98	3,01	М-307
10	Принтер	I фазний	2	0,90	1,80	0,5	0,69	1,05	0,90	0,94							М-307
11	Монітор	I фазний	3	0,14	0,41	0,8	0,63	1,23	0,32	0,40							
12	Системний блок	I фазний	3	0,75	2,25	0,8	0,75	0,88	1,80	1,59							

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

MP 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

28

Продовження таблиці 2.5

Номер ЕП	Найменування ЕП	Тип живлення ЕП	К-ть, n , шт	Номінальна потужність, кВт		К-т викор. K_B	К-ти потужності		$K_B \times P_H$	$K_B \times P_H \times \text{tg}\varphi$	Еф. кт-ь ЕП, η_e , шт	К-т розрах. навант., K_P	Розрах. потужність			Розрах. струм I_P , А	Приміщення
				одного ЕП, p_n	загальна, P_H		$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$					Акт. P_P , кВт	Реакт. Q_P , кВАр	Пов. S_P , кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
13	Чайник	I фазний	1	0,90	0,90	0,03	1,00	0,00	0,03	0,00							М-307
14	Кавоварка	I фазний	1	1,65	1,65	0,02	0,99	0,14	0,03	0,00							
15	Мікрохвильова піч	I фазний	1	4,20	4,20	0,05	0,92	0,43	0,21	0,09							
16	Кондиціонер	I фазний	1	6,00	6,00	0,25	0,80	0,75	1,50	1,13							
17	Холодильник	I фазний	1	0,45	0,45	1	0,90	0,48	0,45	0,22							
Всього по ЩС-14			13		17,66	0,30	0,77	0,83	5,24	4,37	5	1,25	6,56	7,21	9,74	14,81	
18	Монітор	I фазний	1	0,21	0,21	0,8	0,63	1,23	0,17	0,21							М-309
19	Системний блок	I фазний	1	0,45	0,45	0,8	0,75	0,88	0,36	0,32							
20	Принтер	I фазний	1	0,60	0,60	0,3	0,69	1,05	0,18	0,19							
21	Сканер	I фазний	1	0,90	0,90	0,3	0,69	1,05	0,27	0,28							
22	Кондиціонер	I фазний	1	4,50	4,50	0,25	0,80	0,75	1,13	0,84							
Всього по ЩС-8 (без освітлення)			57		38,10	0,29	0,75	0,88	10,96	9,64	16	1,06	11,62	11,62	16,43	24,96	
ЩО-8												2,63	1,12	2,86	4,35		
Всього по ЩС-8												14,25	12,74	19,29	29,31		

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

MP 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

29

Таблиця 2.6 – Результати розрахунку електричних навантажень по ЩС-10 (3-й поверх)

Номер ЕП	Найменування ЕП	Тип живлення ЕП	К-ть, n , шт	Номінальна потужність, кВт		К-т викор. K_B	К-ти потужності		$K_B \times P_H$	$K_B \times P_H \times tg\varphi$	Еф. кт-ь ЕП, η_e , шт	К-т розрах. навант., K_P	Розрах. потужність			Розрах. струм I_P , А	Приміщення
				одного ЕП, p_n	загальна, P_H		$cos\varphi$	$tg\varphi$					Акт. P_P , кВт	Реакт. Q_P , кВАр	Пов. S_P , кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Принтер	I фазний	1	1,05	1,05	0,6	0,69	1,05	0,63	0,66							М-305(б)
2	Монітор	I фазний	5	0,18	0,9	0,7	0,63	1,23	0,63	0,78							
3	Сист. Блок	I фазний	5	0,6	3	0,7	0,75	0,88	2,10	1,85							
4	Сверд. станок	III фазний	1	1,3	1,3	0,05	0,45	1,98	0,07	0,13							М-305(а)
5	Точ. Станок	III фазний	1	0,28	0,28	0,1	0,6	1,33	0,03	0,04							
Всього по ЩС-12			13		6,53	0,53	0,71	1,00	3,45	3,46	8	1,02	3,52	3,87	5,24	7,96	
6	Лаб. Стенд	I фазний	2	0,66	1,32	0,15	0,93	0,40	0,20	0,08							М-306
7	Стенд для досл. випр.	III фазний	3	0,3	0,9	0,1	0,97	0,25	0,09	0,02							
Всього по ЩС-13			5		2,22	0,13	0,94	0,35	0,29	0,10	4	2,59	0,75	0,82	1,11	1,68	
8	Монітор	I фазний	1	0,26	0,26	0,7	0,63	1,23	0,18	0,22							М-303
9	Системний блок	I фазний	1	0,90	0,90	0,7	0,75	0,88	0,63	0,56							
10	Принтер	I фазний	1	0,45	0,45	0,4	0,69	1,05	0,18	0,19							
11	Вентилятор	I фазний	1	0,20	0,20	0,5	0,85	0,62	0,10	0,06							
12	Кулер	I фазний	1	1,20	1,20	0,15	0,96	0,29	0,18	0,05							
Всього по ЩС-10 (без освітлення)			23		11,75	0,43	0,73	0,93	5,01	4,63	16	1	5,01	5,01	7,08	10,76	
ЩО-10													2,21	0,93	2,40	3,65	
Всього по ЩС-10													7,22	5,93	9,48	14,41	

MP 3.8.141.130 ПЗ

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

Арк.

30

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку електричних навантажень по РП-3 (3-й поверх)

Номер ЕП	Найменування ЕП	Тип живлення ЕП	К-ть, n , шт	Номінальна потужність, кВт		К-ти викор. K_B	К-ти потужності		$K_B \times P_H$	$K_B \times P_H \times \text{tg}\varphi$	Еф. кт-ь ЕП, n_e , шт	К-т розрах. навант., K_P	Розрах. потужність			Розрах. струм I_P , А	Приміщення
				одно го ЕП, P_H	загаль на, P_H		$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$					Акт. P_P , кВт	Реакт. Q_P , кВАр	повна S_P , кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1	2	3	4
1	Монітор	Однофазний	1	0,45	0,45	0,1	0,63	1,23	0,05	0,06							
2	Стенд досл. макс. струму	Трифазний	2	7,6	15,2	0,1	0,9	0,48	1,52	0,74							М-308
3	Стенд досл. зах. Лінії	Трифазний	1	7,6	7,6	0,1	0,9	0,48	0,76	0,37							
4	Стенд досл. КЗ	Трифазний	1	7,6	7,6	0,1	0,9	0,48	0,76	0,37							
Всього по ЩС-1			5		30,85	0,10	0,90	0,50	3,09	1,53	4	3,24	10,00	10,99	14,86	22,58	
5	Лаб.стенд	Однофазний	2	0,3	0,6	0,1	0,9	0,48	0,06	0,03							М-304
Всього по ЩС-11			2		0,6	0,1	0,90	0,48	0,06	0,03	2	6,22	0,37	0,41	0,55	0,84	
6	Стенд для досл. електродвигуна	Трифазний	1	2,4	2,4	0,1	0,85	0,62	0,24	0,15							
Всього по ЩС-5			1		2,4	0,1	0,85	0,62	0,24	0,15	1	6,22	1,49	1,64	2,22	3,37	
7	Стенд для досл. електродвигуна	Трифазний	1	2,4	2,4	0,1	0,85	0,62	0,24	0,15							
Всього по ЩС-6			1		2,4	0,1	0,85	0,62	0,24	0,15	1	6,22	1,49	1,64	2,22	3,37	
8	Стенд для досл. лінії	Трифазний	1	0,3	0,3	0,1	0,97	0,25	0,03	0,01							
Всього по ЩС-7			1		0,3	0,1	0,97	0,25	0,03	0,01	1	6,22	0,19	0,21	0,28	0,42	
9	Стенд для досл.лінії	Трифазний	1	0,3	0,3	0,1	0,97	0,25	0,03	0,01							
Всього по ЩС-9			1		0,3	0,1	0,97	0,25	0,03	0,01	1	6,22	0,19	0,21	0,28	0,42	
10	Проектор	Однофазний	1	0,75	0,75	0,8	0,86	0,59	0,6	0,36							
Всього по ЩС-4			7		6,75	0,18	0,86	0,58	1,2	0,70	3	4,05	4,86	5,35	7,22	10,98	
Всього по РП-3			12		37,6	0,11	0,89	0,52	4,29	2,23	5	2,69	11,53	12,68	17,14	26,03	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

MP 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

31

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку електричних навантажень по ЩС-9 (4-й поверх)

Номер ЕП	Найменування ЕП	Тип живлення ЕП	К-ть, n , шт	Номінальна потужність, кВт		К-т викор. K_B	К-ти потужності		$K_B \times P_H$	$K_B \times P_H \times tg\varphi$	Еф. кт-ь ЕП, η_e , шт	К-т розрах. навант., K_P	Розрах. потужність			Розрах. струм I_P , А	Приміщення
				одного ЕП, p_n	загальна, P_H		$cos\varphi$	$tg\varphi$					Акт. P_P , кВт	Реакт. Q_P , кВАр	повна S_P , кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1	2	3	4
1	Проектор	Однофазний	1	0,9	0,9	0,15	0,86	0,59	0,14	0,08							М-409
2	Монітор	Однофазний	13	0,27	3,51	0,3	0,63	1,23	1,05	1,30							
3	Системний блок	Однофазний	13	0,75	9,75	0,3	0,75	0,88	2,93	2,58							
Всього по ЩС-1			27		14,16	0,29	0,72	0,96	4,11	3,96	22	1,02	4,20	4,20	5,93	9,01	
4	Принтер	Однофазний	2	0,75	1,5	0,2	0,75	0,88	0,30	0,26						М-408	
5	Монітор	Однофазний	2	0,27	0,54	0,5	0,57	1,44	0,27	0,39							
6	Системний блок	Однофазний	2	0,75	1,5	0,5	0,75	0,88	0,75	0,66							
7	Серверна	Однофазний	1	6	6	1,0	0,75	0,88	6,00	5,29							
Всього по ЩС-2			6		9,54	0,77	0,74	0,90	7,32	6,61	2	1,13	8,27	9,10	12,30	18,68	
8	Проектор	Однофазний	1	1,2	1,2	0,5	0,86	0,59	0,60	0,36						М-412	
9	Мультимедійна дошка	Однофазний	1	0,9	0,9	0,5	0,63	1,23	0,45	0,55							
Всього по ЩС-9 (без освітлення)			35		25,80	0,48	0,74	0,92	12,48	11,48	13	1,02	12,73	12,73	18,01	27,36	
ЩО-9													2,08	0,90	2,27	3,45	
Всього по ЩС-9													14,82	13,64	20,28	30,81	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

MP 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

32

Таблиця 2.9 – Результати розрахунку електричних навантажень по ЩС-11 (4-й поверх)

Номер ЕП	Найменування ЕП	Тип живлення ЕП	К-ть, n , шт	Номінальна потужність, кВт		К-ти викор. K_B	К-ти потужності		$K_B \times P_H$	$K_B \times P_H \times \text{tg}\varphi$	Еф. кт-ь ЕП, η , шт	К-т розрах. навант., K_P	Розрах. потужність			Розрах. струм I_P , А	Приміщення
				одного ЕП, p_n	загальна, P_H		$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$					Акт. P_P , кВт	Реакт. Q_P , кВАр	повна S_P , кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1	2	3	4
1	Принтер	Однофазний	1	0,9	0,9	0,4	0,69	1,05	0,36	0,38							М-406
2	Монітор	Однофазний	2	0,45	0,9	0,7	0,63	1,23	0,63	0,78							
3	Сист. блок	Однофазний	2	0,6	1,2	0,7	0,75	0,88	0,84	0,74							
4	Колонки	Однофазний	2	0,06	0,12	0,15	0,8	0,75	0,02	0,01							
5	Принтер	Однофазний	1	0,9	0,9	0,4	0,69	1,05	0,36	0,38						М-407	
6	Сканер	Однофазний	1	1,05	1,05	0,3	0,69	1,05	0,32	0,33							
7	Монітор	Однофазний	4	0,3	1,2	0,6	0,63	1,23	0,72	0,89							
8	Сист. блок	Однофазний	4	0,6	2,4	0,6	0,75	0,88	1,44	1,27							
9	Колонки	Однофазний	1	0,06	0,06	0,15	0,8	0,75	0,01	0,01							
Всього по ЩС-3			18		8,73	0,54	0,70	1,02	4,69	4,78	13	1,01	4,74	5,21	7,04	10,70	
10	Принтер	Однофазний	1	0,54	0,54	0,3	0,69	1,05	0,16	0,17						М-404	
11	Монітор	Однофазний	2	0,24	0,48	0,7	0,63	1,23	0,34	0,41							
12	Сист. блок	Однофазний	2	0,6	1,2	0,7	0,75	0,88	0,84	0,74							
13	Ксерокс	Однофазний	1	1,05	1,05	0,25	0,69	1,05	0,26	0,28						М-405	
14	Принтер	Однофазний	1	0,6	0,6	0,3	0,69	1,05	0,18	0,19							
15	Монітор	Однофазний	1	0,24	0,24	0,8	0,63	1,23	0,19	0,24							
16	Сист. блок	Однофазний	1	0,6	0,6	0,8	0,75	0,88	0,48	0,42							
Всього по ЩС-4			9		4,71	0,52	0,71	1,00	2,45	2,45	7	1,08	2,65	2,91	3,94	5,98	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

MP 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

33

Продовження таблиці 2.9

Номер ЕП	Найменування ЕП	Тип живлення ЕП	К-ть, n , шт	Номінальна потужність, кВт		К-т викор. K_B	К-ти потужності		$K_B \times P_H$	$K_B \times P_H \times tg\varphi$	Еф. кт-ь ЕП, η_e , шт	К-т розрах. навант., K_P	Розрах. потужність			Розрах. струм I_P , А	Приміщення
				одного ЕП, p_n	загальна, P_H		$cos\varphi$	$tg\varphi$					Акт. P_P , кВт	Реакт. Q_P , кВАр	повна S_P , кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1	2	3	4
17	Монітор	Однофазний	1	0,27	0,27	0,8	0,63	1,23	0,216	0,27							М-415
18	Системний блок	Однофазний	1	0,6	0,6	0,8	0,75	0,88	0,48	0,42							
19	Принтер	Однофазний	1	0,9	0,9	0,4	0,69	1,05	0,36	0,38							
20	Колонки	Однофазний	1	0,075	0,075	0,15	0,8	0,75	0,01	0,01							
21	Кондиціонер	Однофазний	1	2,4	2,4	0,25	0,8	0,75	0,6	0,45							
Всього по ЩС-11 (без освітлення)			32		17,69	0,50	0,71	0,99	8,81	8,76	19	1	8,81	8,81	12,46	18,93	
ЩО-11													1,47	0,64	1,60	2,43	
Всього по ЩС-11													10,28	9,46	14,06	21,37	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

MP 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

34

3. ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКІВ

У даній роботі вибору підлягають перерізи таких провідників:

- Кабельні лінії силової живильної мережі напругою 0,4 кВ;
- Кабельні лінії розподільної мережі від ЩО або ЩС до ЕП;

Вибір перерізу провідників, як і параметрів інших елементів силової мережі, має відповідати їх роботі в нормальному, форсованому, і аварійному режимах СЕП. У загальному випадку переріз провідників вибирають за економічною щільністю струму, нагріванням, втратами й відхиленням напруги, електродинамічною стійкістю й механічною міцністю [2].

3.1. Вибір перерізу провідників живильної мережі напругою до 1 кВ

3.1.1 Вибір перерізу кабельних ліній

Згідно з [10] електропостачання ЕП у житлових будинках, спорудах і будинках суспільного призначення повинне здійснюватися від мережі з глухозаземленою нейтраллю 380/220 В із системою заземлення TN-S або TN-C-S. Також згідно з [10] електропостачання ЕП у житлових будинках, спорудах і будинках суспільного призначення повинне здійснюватися за допомогою мідних кабелів і проводів.

Тому, враховуючи вище наведене, живильну мережу будемо виконувати мідними п'ятижильними кабелями типу 3L+N+PE.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Зимогляд Ю.В.</i>			<i>Розробка системи електропостачання третього та четвертого поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Лебедка С.М</i>					35	80
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ, ЕТ.м-91</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>						

Основною умовою вбору перерізу провідників в електричних мережах напругою до 1 кВ є величина їх нагрівання електричним струмом у нормальному, форсованому, та аварійному режимах. Тому для всіх 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 і класу ізоляції [2].

Вибір перерізу кабеля при нагріванні в нормальному режимі полягає у визначенні такого мінімального перерізу, який допускає струм не менше розрахункового

$$I'_{\text{доп}} \geq I_p, \quad (3.1)$$

де I_p – розрахунковий струм другого рівня електропостачання.

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

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{попр}} \cdot I_{\text{доп}}, \quad (3.2)$$

де $K_{\text{попр}} = 0,92$ – поправковий коефіцієнт, який вводить при визначенні $I_{\text{доп}}$ для п'ятижильних проводів кабелів з гумовою та полівінілхлоридною ізоляцією напругою до 1 кВ, якщо допустимі тривалі струми взяті із таблиці 1.3.4 ПУЕ як для трижильних кабелів.

Згідно з 1.3.10 ПУЕ допустимі тривалі струми для кабелів у нашому випадку приймаються із таблиці 1.3.4 такими як для проводів прокладених у трубі.

Вибір перерізу лише за умов допустимого нагрівання призводить до великих втрат активної потужності та значних втрат напруги. Для остаточного вибору перерізу кабеля слід провести перевірки на допустиму втрату напруги, та відповідності до захисного апарата.

Перевірка за умовою відповідності до захисного апарата буде проводитися після вибору захисних апаратів (див. підрозділ 5.2).

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Попередній розрахунок перерізу та вибір кабеля буде базуватися на величині допустимої втрати напруги у кабелю $\Delta U_{\text{кб}}$ та допустимого тривалого струму для кабеля $I'_{\text{доп}}$.

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається як

$$\Delta U_{\text{кб}} = \frac{P_p \cdot R_{\text{кб}} + Q_p \cdot X_{\text{кб}}}{10 \cdot U_{\text{ном}}^2}, \quad (3.3)$$

де $P_{p,2}$ і $Q_{p,2}$ – розрахункові активне і реактивне навантаження другого рівня електропостачання відповідно;

$R_{\text{кб}}$ і $X_{\text{кб}}$ – активний і реактивний опори кабеля відповідно;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга електричної мережі.

Результати попереднього розрахунку та вибору марки і перерізу кабеля наводяться у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Результати попереднього вибору кабельних ліній до ПРЕ

Поверх	Приміщення	ПРЕ	I_p , А	$S_{\text{ст}}$, мм ²	$I'_{\text{доп}}$, А	$\Delta U_{\text{кб}}$, %	Тип кабеля
3	Коридор	ЩС-10	14,41	5x2,5	19,32	1,50	ВВГ-нг-0,6 (5x2,5)
		ЩС-8	29,31	5x6	31,28	1,25	ВВГ-нг-0,6 (5x6)
		РП-3	26,03	5x6	31,28	1,02	ВВГ-нг-0,6 (5x6)
	М-308	ЩС-1	22,58	5x4	24,84	0,20	ВВГ-нг-0,6 (5x4)
	М-310	ЩС-2	5,51	5x1,5	13,8	0,20	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)
	М-305	ЩС-3	2,05	5x1,5	13,8	0,12	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)
	М-304	ЩС-4	10,98	5x1,5	13,8	1,26	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)
		ЩС-5	3,37	5x1,5	13,8	0,06	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)
		ЩС-6	3,37	5x1,5	13,8	0,12	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)
		ЩС-7	0,42	5x1,5	13,8	0,02	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)
		ЩС-9	0,42	5x1,5	13,8	0,03	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)
	ЩС-11	0,84	5x1,5	13,8	0,07	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)	
	М-305(а)	ЩС-12	7,96	5x1,5	13,8	0,70	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)
	М-306	ЩС-13	1,68	5x1,5	13,8	0,04	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)
	М-307	ЩС-14	14,81	5x2,5	19,32	0,21	ВВГ-нг-0,6 (5x2,5)
М-307	ЩС-15	3,01	5x1,5	13,8	0,14	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)	
4	Коридор	ЩС-11	21,37	5x4	24,84	1,68	ВВГ-нг-0,6 (5x4)
		ЩС-9	30,81	5x6	31,28	1,63	ВВГ-нг-0,6 (5x6)
	М-409	ЩС-1	9,01	5x1,5	13,8	0,32	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)
	М-408	ЩС-2	18,68	5x2,5	19,32	0,65	ВВГ-нг-0,6 (5x2,5)
	М-407	ЩС-3	10,70	5x1,5	13,8	0,82	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)
	М-405	ЩС-4	5,98	5x1,5	13,8	0,27	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)

3.2 Вибір перерізу провідників розподільної мережі напругою до 1 кВ

Переріз кабеля розподільних мереж завжди вибирають за умовою нагрівання в нормальному режимі за формулою

$$I'_{\text{доп}} \geq I_p, \quad (3.4)$$

де I_p – розрахунковий струм першого рівня електропостачання;

Допустимий тривалий струм для провідників $I'_{\text{доп}}$ з ПВХ ізоляцією з мідними жилами залежно від перерізу визначаємо за формулою (3.2).

Для остаточного вибору перерізу необхідно провести перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за механічною міцністю, допустимої втрати напруги та за умови відповідності захисному засобу апарату (підрозділ 5.2).

За умовою механічної міцності мінімальний переріз для мідних провідів – $1,5 \text{ мм}^2$.

В навчальному корпусі «М» живлення однофазних електроприймачів напругою 220В здійснюється за допомогою побутових двополюсних штепсельних розеток та вилок розрахованих на максимальний допустимий струм 16А. Водночас живлення трифазних електроприймачів напругою 380В здійснюється за допомогою силових триполюсних штепсельних розеток та вилок типу 3L+PE розрахованих на максимальний допустимий струм 16А.

Тоді, виходячи з цих даних, згідно таблиці 1.3.4 ПУЕ обираємо для живлення цих приймачів мідний провідник з мінімальним перерізом струмовідної жили $2,5 \text{ мм}^2$, допустимий тривалий струм якої, для трижильного кабеля і п'ятижильного, становить 21А.

Живлення трифазних та потужних однофазних ЕП (кондиціонер, мікрохвильова піч, серверна) здійснюється за допомогою окремої кабельної лінії. Розрахунок перетину цих кабелів буде наведено нижче в таблиці 3.2.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Втрата напруги в проводах у відсотках визначається так:

$$\Delta U_{\text{пр}} = \frac{p_p \cdot R_{\text{пр}} + q_p \cdot X_{\text{пр}}}{10 \cdot U_{\text{ном}}^2}, \quad (3.5)$$

де p_p і q_p – розрахункові активне і реактивне навантаження першого рівня електропостачання відповідно;

$R_{\text{пр}}$ і $X_{\text{пр}}$ – активний і реактивний опори кабеля відповідно;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга електричної мережі.

Результати попереднього вибору перерізу кабелів для розподільної мережі наведено у таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Результати попереднього вибору та розрахунку перерізу кабелів

Поверх	Приміщення	ЕП	I_p , А	$S_{\text{ст}}$, мм ²	$I'_{\text{доп}}$, А	$\Delta U_{\text{кб}}$, %	Тип кабеля
3	М-308	Стенд дослідження максимального струму	12,83	4x2,5	19,32	0,86	ВВГ-нг-0,6 (4x2,5)
		Стенд дослідження захисту лінії	12,83	4x2,5	19,32	0,75	ВВГ-нг-0,6 (4x2,5)
		Стенд дослідження режимів КЗ	12,83	4x2,5	19,32	0,63	ВВГ-нг-0,6 (4x2,5)
	М-306	Стенд для дослідження випрямлячів	0,47	4x2,5	19,32	0,02	ВВГ-нг-0,6 (4x2,5)
	М-305	Лабораторний стенд	0,93	4x2,5	19,32	0,02	ВВГ-нг-0,6 (4x2,5)
	М-304	Стенд для дослідження електродвигуна	4,29	4x2,5	19,32	0,06	ВВГ-нг-0,6 (4x2,5)
		Стенд для дослідження електродвигуна	4,29	4x2,5	19,32	0,10	ВВГ-нг-0,6 (4x2,5)
		Стенд для дослідження лінії	0,47	4x2,5	19,32	0,02	ВВГ-нг-0,6 (4x2,5)
		Стенд для дослідження лінії	0,47	4x2,5	19,32	0,02	ВВГ-нг-0,6 (4x2,5)
	М-305(а)	Свердлильний станок	4,39	4x2,5	19,32	0,04	ВВГ-нг-0,6 (4x2,5)
		Точильний станок	0,71	4x2,5	19,32	0,01	ВВГ-нг-0,6 (4x2,5)
	М-309	Кондиціонер	8,52	3x2,5	19,32	0,16	ВВГ-нг-0,6 (3x2,5)
	М-307	Мікрохвильова піч	6,92	3x2,5	19,32	0,28	ВВГ-нг-0,6 (3x2,5)
		Кондиціонер	11,36	3x2,5	19,32	0,31	ВВГ-нг-0,6 (3x2,5)
4	М-408	Серверна	12,12	3x2,5	19,32	0,12	ВВГ-нг-0,6 (3x2,5)
	М-415	Кондиціонер	4,55	3x2,5	19,32	0,06	ВВГ-нг-0,6 (3x2,5)

Для живлення групової мережі двополюсних штепсельних розеток використовуємо кабель ВВГ-нг 0,6 (3x2,5 мм²).

Для живлення групової мережі триполюсних штепсельних розеток використовуємо кабель ВВГ-нг 0,6 (4x2,5 мм²).

Живлення групи однофазних ЕП малої потужності (монітор, системний блок, принтер, колонки) здійснюється за допомогою блоку двополюсних штепсельних розеток у кількості двох або трьох розеток. Живлення такого блоку розеток також здійснюємо кабелем ВВГ-нг 0,6 (3x2,5 мм²).

3.3 Вибір перерізу провідників внутрішньої освітлювальної мережі

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 [4].

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.

Також згідно з [10] електропостачання ЕП у житлових будинках, спорудах і будинках суспільного призначення повинне здійснюватися за допомогою мідних кабелів і проводів. Тому виконуємо освітлювальну мережу за допомогою мідних кабелів.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 [4].

Згідно з цим методом величину допустимих втрат напруги $\Delta U_{\text{д}}$ в освітлювальній мережі визначають за формулою:

$$\Delta U_{\text{д}} = U_{\text{max}} - \Delta U_{\text{T}} - U_{\text{min}} , \quad (3.6)$$

де U_{max} – максимально допустиме значення напруги найбільш у відсотках від номінального, що приймають рівним 105%;

U_{min} – мінімально допустиме значення напруги віддаленого світильника у відсотках від номінального для освітлення суспільних та громадських будівель, приймають рівним 97,5%;

ΔU_{T} – втрата напруги в трансформаторі приведена до напруги вторинної обмотки, %.

Роль ΔU_{T} у наших розрахунках буде відігравати втрата напруги у кабелі $\Delta U_{\text{кб}}$, який живить силовий щит поверху. Числове значення $\Delta U_{\text{кб}}$ визначене в розділі 3.1 даної магістерської роботи та наведене у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 Втрати напруги у кабелях живильної мережі

ПРЕ	$\Delta U_{\text{д}}$, %
ЩС-8	6,25
ЩС-9	5,87
ЩС-10	6,00
ЩС-11	5,82

Розрахунок освітлювальної мережі буде здійснюватися за принциповою електричною схемою освітлення наведеною на рисунку 3.1. На рисунку наведена схема для ЩО-8, яка є аналогічною для ЩО-9, ЩО-10 та ЩО-11. Розрахунки проводимо згідно цих схем.

Для кожної ділянки мережі розраховуємо момент навантаження за формулою:

$$M_i = P_i \cdot L_i , \quad (3.7)$$

Результати розрахунків заносимо до таблиць 3.4 та 3.5.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

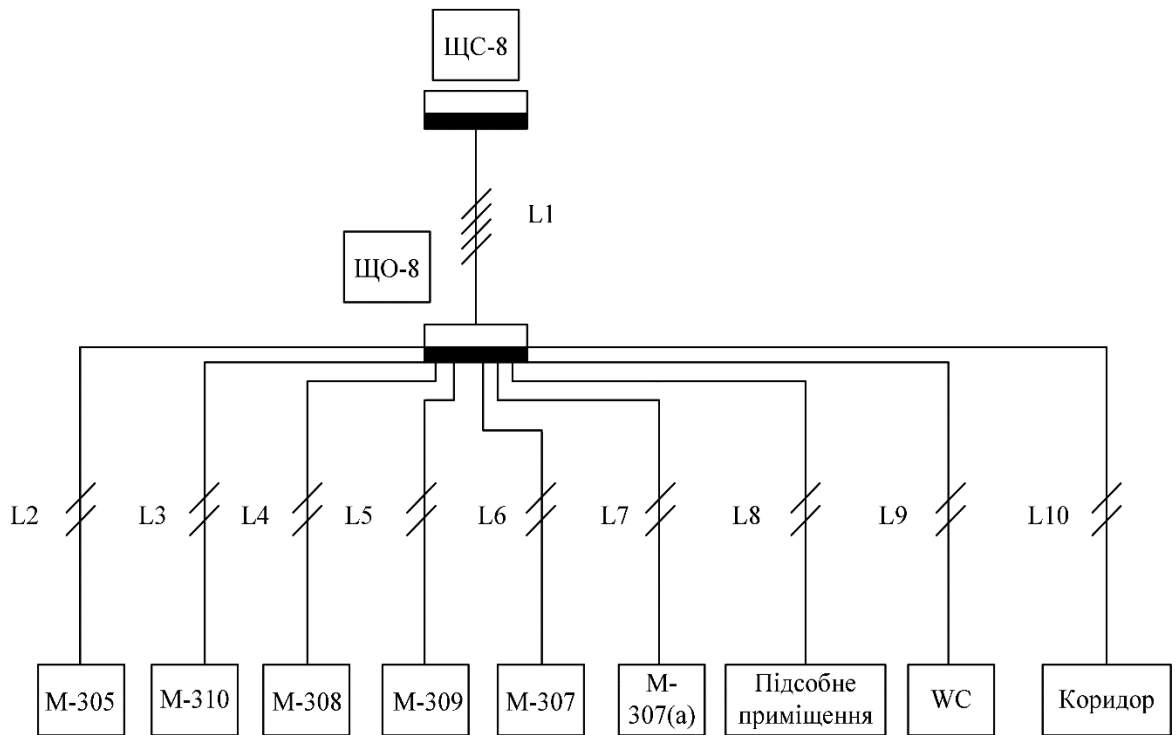


Рис. 3.1 – Принципова електрична схема мережі освітлення для ЩО-8

Таблиця 3.4 – Моменти навантаження окремих ділянок третього поверху

Ділянка	P_i , кВт	L_i , м	M_i , кВт·м
М-305	0,48	21	10,08
М-310	0,48	12	5,76
М-308	0,69	9	6,22
М-309	0,13	7	0,90
М-307(а)	0,09	13	1,12
М-307	0,40	4	1,60
Туалет	0,09	6	0,52
Підсобне приміщення	0,05	5	0,24
Коридор	0,23	5	1,15
ЩО-8	2,63	4	10,52
М-305(а)	0,24	19	4,56
М-305(б)	0,16	18	2,88
М-304	0,92	12	11,06
М-301	0,09	8	0,69
М-302	0,17	9	1,56
М-303	0,09	12	1,04
М-306	0,46	6	2,76
М-311	0,08	5	0,40
ЩО-10	2,21	4	8,83

Таблиця 3.5 – Моменти навантаження окремих ділянок четвертого поверху

Ділянка	P_i , кВт	L_i , м	M_i , кВт·м
М-408	0,16	21	3,36
М-409	0,64	11	7,68
М-410	0,48	8	3,84
М-411	0,16	5	0,80
М-412	0,35	3	1,04
М-413	0,06	6	0,35
Коридор	0,24	5	1,20
ЩО-9	2,08	5	10,42
М-401	0,17	4	0,69
М-402	0,09	19	1,64
М-403	0,09	18	1,56
М-404	0,16	12	1,92
М-405	0,32	8	2,56
М-406	0,16	9	1,44
М-407	0,16	12	1,92
М-414	0,32	6	1,92
М-415	0,16	5	0,80
ЩО-11	1,47	4	5,86

Приведений момент навантаження для ділянки:

$$M_{пр.і} = \sum M_i + \sum \alpha \cdot t , \quad (3.8)$$

де $\sum M_i$ – сума моментів ділянки, що розраховують, і всіх наступних ділянок з тією самою кількістю проводів, що і у ділянки що розраховують, кВт · м;

$\sum t$ – сума моментів наступних ділянок з іншою, ніж у ділянки, що розраховують, кількістю проводів, кВт · м;

α – коефіцієнт приведення моментів, що визначають за таблицею 3.6.

Таблиця 3.6 – Значення коефіцієнт приведення моментів

Лінія	Відгалуження	α
Чотирипровідна	Двопровідне	1,85
Чотирипровідна	Трипровідне	1,39
Трипровідна	Двопровідне	1,33

Потрібний переріз жил кабелю для головної ділянки, мм²:

$$S'_i = \frac{M_{пр.і}}{C \cdot \Delta U_D} , \quad (3.9)$$

де C – коефіцієнт, що залежить від матеріалу провідника, номінальної напруги і кількості проводів на ділянці мережі, що визначають за таблицею 3.7.

Стандартна величина перерізу жил кабелю головної ділянки вибирається за умовою механічної міцності провідника (для мідних $1,5 \text{ мм}^2$).

Таблиця 3.7 – Значення коефіцієнта C

Напруга	Система мережі	Коефіцієнт C	
		мідь	алюміній
380/220	Чотирипровідна	72	44
380/220	Трипровідна	32	19,5
220	Двопровідна	12	7,4

Дійсна втрата напруги на ділянці, %:

$$\Delta U_i = \frac{M_i}{C \cdot S_{\text{ст.}i}}, \quad (3.10)$$

Розрахункові втрати напруги для наступних ділянок, %:

$$\Delta U_{\text{роз.}i} = \Delta U_D - \Delta U_i, \quad (3.11)$$

Визначаємо дійсні втрати напруги на головних ділянках та їх перерізи. Результати розрахунку заносимо в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 – Розрахунок перерізів жил провідників та дійсних втрат напруги головних ділянок

Ділянка	M_i , кВт · м	$M_{\text{пр.}i}$, кВт · м	C	ΔU_D , %	S'_i , мм^2	$S_{\text{ст.}i}$, мм^2	ΔU_i , %	$\Delta U_{\text{роз.}i}$, %
ЩО-8	10,52	61,56	72	6,25	0,14	1,5	0,10	6,15
ЩО-10	8,83	54,98	72	6,00	0,13	1,5	0,08	5,92
ЩО-9	10,42	43,02	72	5,87	0,10	1,5	0,10	5,77
ЩО-11	5,86	32,59	72	5,82	0,08	1,5	0,05	5,76

Визначаємо дійсні втрати напруги на кожній ділянці освітлювальної мережі та їх перерізи. Результати розрахунку заносимо в таблицю 3.9 та 3.10.

Потрібний переріз жил кабелю для окремих ділянок мережі, мм^2 :

$$S'_i = \frac{M_i}{C \cdot \Delta U_{\text{роз.}i}}, \quad (3.12)$$

Таблиця 3.9 – Розрахунок перерізів жил провідників та дійсних втрат напруги для третього поверху

Ділянка	M_i , кВт·м	C	$\Delta U_{\text{роз.}i}$, %	S'_{i} , мм ²	$S_{\text{ст.}i}$, мм ²	ΔU_i , %
М-305	10,08	12	6,15	0,137	1,5	0,56
М-310	5,76	12	6,15	0,078	1,5	0,32
М-308	6,22	12	6,15	0,084	1,5	0,35
М-309	0,90	12	6,15	0,012	1,5	0,05
М-307(а)	1,12	12	6,15	0,015	1,5	0,06
М-307	1,60	12	6,15	0,022	1,5	0,09
Туалет	0,52	12	6,15	0,007	1,5	0,03
Підсобне приміщення	0,24	12	6,15	0,003	1,5	0,01
Коридор	1,15	12	6,15	0,016	1,5	0,06
М-305(а)	4,56	12	5,92	0,064	1,5	0,25
М-305(б)	2,88	12	5,92	0,041	1,5	0,16
М-304	11,06	12	5,92	0,156	1,5	0,61
М-301	0,69	12	5,92	0,010	1,5	0,04
М-302	1,56	12	5,92	0,022	1,5	0,09
М-303	1,04	12	5,92	0,015	1,5	0,06
М-306	2,76	12	5,92	0,039	1,5	0,15
М-311	0,40	12	5,92	0,006	1,5	0,02

Таблиця 3.10 – Розрахунок перерізів жил провідників та дійсних втрат напруги для четвертого поверху

Ділянка	M_i , кВт·м	C	$\Delta U_{\text{роз.}i}$, %	S'_{i} , мм ²	$S_{\text{ст.}i}$, мм ²	ΔU_i , %
М-408	3,36	12	5,47	0,051	1,5	0,19
М-409	7,04	12	5,47	0,107	1,5	0,39
М-410	3,84	12	5,47	0,059	1,5	0,21
М-411	0,80	12	5,47	0,012	1,5	0,04
М-412	1,04	12	5,47	0,016	1,5	0,06
М-413	0,35	12	5,47	0,005	1,5	0,02
Коридор	1,20	12	5,47	0,018	1,5	0,07
М-401	0,69	12	5,52	0,010	1,5	0,04
М-402	1,64	12	5,52	0,025	1,5	0,09
М-403	1,56	12	5,52	0,023	1,5	0,09
М-404	1,92	12	5,52	0,029	1,5	0,11
М-405	2,56	12	5,52	0,039	1,5	0,14
М-406	1,44	12	5,52	0,022	1,5	0,08
М-407	1,92	12	5,52	0,029	1,5	0,11
М-414	1,92	12	5,52	0,029	1,5	0,11
М-415	0,80	12	5,52	0,012	1,5	0,04

Для визначення розрахункових струмів окремих ділянок використовуємо формули (3.13) та (3.14) :

- для чотирипровідних мереж (ділянки до ЩО):

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot \cos \varphi}, \text{ А}, \quad (3.13)$$

- для двопровідних мереж (ділянки від ЩО):

$$I_p = \frac{P}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi}, \text{ А}, \quad (3.14)$$

Результати розрахунків заносимо в таблиці 3.11 та 3.12.

Таблиця 3.11 – Розрахункові значення струмів окремих ділянок мережі третього поверху

Ділянка	P _i , кВт	cosφ	I _{p,i} , А
М-305	0,48	0,92	2,37
М-310	0,48	0,92	2,37
М-308	0,69	0,92	3,42
М-309	0,13	0,92	0,63
М-307(а)	0,09	0,92	0,43
М-307	0,40	0,92	1,98
Туалет	0,09	0,90	0,44
Підсобне приміщення	0,05	1,00	0,22
Коридор	0,23	0,90	1,16
ЩО-8	2,63	0,92	4,34
М-305(а)	0,24	0,92	1,19
М-305(б)	0,16	0,92	0,79
М-304	0,92	0,92	4,55
М-301	0,09	0,90	0,44
М-302	0,17	0,90	0,87
М-303	0,09	0,90	0,44
М-306	0,46	0,92	2,28
М-311	0,08	1,00	0,36
ЩО-10	2,21	0,92	3,64

Таблиця 3.12 – Розрахункові значення струмів окремих ділянок мережі четвертого поверху

Ділянка	P_i , кВт	$\cos\varphi$	$I_{p,i}$, А
М-408	0,16	0,92	0,79
М-409	0,64	0,92	3,16
М-410	0,48	0,92	2,37
М-411	0,16	0,92	0,79
М-412	0,35	0,91	1,73
М-413	0,06	0,90	0,29
Коридор	0,24	0,92	1,19
ЩО-9	2,08	0,92	3,45
М-401	0,17	0,90	0,87
М-402	0,09	0,90	0,44
М-403	0,09	0,90	0,44
М-404	0,16	0,92	0,79
М-405	0,32	0,92	1,58
М-406	0,16	0,92	0,79
М-407	0,16	0,92	0,79
М-414	0,32	0,92	1,58
М-415	0,16	0,92	0,79
ЩО-11	1,47	0,92	2,43

При виборі допустимих значень струмів для кабелів з полівінілхлоридною ізоляцією використовуємо таблицю 1.3.4 ПУЕ.

Результати вибору заносимо в таблиці 3.13 – 3.15.

Таблиця 3.13 – Вибір провідників та допустимих значень струмів для живильних ділянок ЩО

Ділянка	ЩО-8	ЩО-10	ЩО-9	ЩО-11
Вид провідника	п'ятижильний кабель з ПВХ ізоляцією з мідними жилами типу ВВГ-нг 0,6 (5x1,5)	п'ятижильний кабель з ПВХ ізоляцією з мідними жилами типу ВВГ-нг 0,6 (5x1,5)	п'ятижильний кабель з ПВХ ізоляцією з мідними жилами типу ВВГ-нг 0,6 (5x1,5)	п'ятижильний кабель з ПВХ ізоляцією з мідними жилами типу ВВГ-нг 0,6 (5x1,5)
Спосіб прокладення	в одній трубі	в одній трубі	в одній трубі	в одній трубі
$S_{ст,i}$, мм ²	1,5	1,5	1,5	1,5
$I_{p,i}$, А	4,34	3,64	3,45	2,43
$I'_{доп}$, А	13,8	13,8	13,8	13,8

Таблиця 3.14 – Вибір провідників та допустимих значень струмів для ділянок мережі до приміщень третього поверху

Ділянка	Вид провідника	Спосіб прокладення	$S_{ст.і},$ мм ²	$I_{р.і},$ А	$I'_{доп},$ А
М-305	трижильний кабель з полівінілхлоридною ізоляцією з мідними жилами типу ВВГ-нг 0,6 (3x1,5)	в одній трубі	1,5	2,37	13,8
М-310				2,37	
М-308				3,42	
М-309				0,63	
М-307(а)				0,43	
М-307				1,98	
Туалет				0,44	
Підсобне приміщення				0,22	
Коридор				1,16	
М-305(а)				1,19	
М-305(б)				0,79	
М-304				4,55	
М-301				0,44	
М-302				0,87	
М-303				0,44	
М-306				2,28	
М-311	0,36				

Таблиця 3.15 – Вибір провідників та допустимих значень струмів для ділянок мережі до приміщень четвертого поверху

Ділянка	Вид провідника	Спосіб прокладення	$S_{ст.і},$ мм ²	$I_{р.і},$ А	$I'_{доп},$ А
М-408	трижильний кабель з полівінілхлоридною ізоляцією з мідними жилами типу ВВГ-нг 0,6 (3x1,5)	в одній трубі	1,5	0,79	13,8
М-409				3,16	
М-410				2,37	
М-411				0,79	
М-412				1,73	
М-413				0,29	
Коридор				1,19	
М-401				0,87	
М-402				0,44	
М-403				0,44	
М-404				0,79	
М-405				1,58	
М-406				0,79	
М-407				0,79	
М-414				1,58	
М-415				0,79	

За результатами електричного розрахунку освітлювальної мережі робимо висновок, що обрані провідники які обиралися за конструктивним виконанням та способом прокладення повністю задовольняють:

- вимогам механічної міцності:

$$S_{ст.i} \geq 1,5 \text{ мм}^2$$

- умовам нагрівання:

$$I'_{доп} \geq I_p$$

- умовам допустимих втрат напруги:

$$\Delta U_{д} > \Delta U_i$$

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Відповідно до вимог ПУЕ, щодо режиму КЗ, на стійкість до впливу струмів КЗ в електроустановках до 1 кВ повинні перевірятися розподільні щити, струмопроводи та силові шафи.

Для вибору і перевірки стійкості ЕА і струмопровідних частин до струмів КЗ розрахунку підлягають:

- найбільше початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ $I_{п(0)}$;
- ударний струм i_y трифазного КЗ.

4.1 Розрахунок струмів трифазного КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ

Значення струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ впливають на вибір перерізу дротів і жил кабелів, конструкцію шинопроводів, характеристики комутаційних і захисних апаратів.

Для вибору апаратури і захисту, перевірки селективності їх дій визначають максимальний струм трифазного металевого КЗ, в цьому випадку перехідні опори дуги не враховують[2].

Початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ $I_{к(0)}$ визначається за формулою:

$$I_{к(0)} = \frac{U_{ном.сер}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}}, \quad (4.1)$$

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Зимогляд Ю.В.			Розробка системи електропостачання третього та четвертого поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Лебедка С.М					50	80
Реценз.						СумДУ, ЕТ.м-91		
Н. Контр.		Никифоров						
Затверд.		Лебединський						

де $U_{\text{ном.сер}}$ – середня номінальна напруга мережі, де відбулося КЗ;

$R_{1\Sigma}$ і $X_{1\Sigma}$ – сумарні активні й індуктивні опори прямої послідовності відповідно усіх елементів мережі, якими протікає струм КЗ.

Ударний струм КЗ визначається для моменту часу $t = 0,01$ с. У радіальній лінії при $i_{\text{п}(0,01)} = \sqrt{2}I_{\text{п}(0)}$ ударний струм дорівнює

$$i_y = k_y \cdot \sqrt{2}I_{\text{к}(0)}, \quad (4.2)$$

де k_y – ударний коефіцієнт, який залежить від постійної часу T_A .

У [5] допускається приймати значення ударного коефіцієнта $k_y = 1$, при КЗ у віддалених точках за умови $X_e/R_e \leq 0,6$.

Струми КЗ від АД, які безпосередньо приєднані до точки КЗ короткими відгалуженнями, ураховують лише при визначенні ударного струму КЗ і визначають як:

$$i_{y.д} = k_{\text{пуск}} \cdot \sqrt{2}I_{\text{ном.д.}\Sigma}, \quad (4.3)$$

де $k_{\text{пуск}}$ – коефіцієнт пуску;

$I_{\text{ном.д.}\Sigma}$ – номінальний струм одночасно працюючих ЕД.

Результуюче значення ударного струму визначають як суму ударних струмів від енергосистеми і від ЕД за формулою:

$$i_y = k_{\text{пуск}} \cdot \sqrt{2}I_{\text{ном.д.}\Sigma} + k_y \cdot \sqrt{2}I_{\text{к}(0)}, \quad (4.4)$$

Розрахунок струму трифазного КЗ в початковий момент часу і ударний струм в електричній мережі напругою до 1 кВ буде проведений для схеми, яка наведена в додатку А, а схема заміщення приведена в додатку Б.

Вихідні данні:

- ЕП №1 – Свердлильний станок
- ЕП №2 – Стенд дослідження режимів КЗ

Автомати:

- QF11 ВА47-29: $I_{\text{ном.а}} = 10$ А;
- QF12 ВА47-29: $I_{\text{ном.а}} = 25$ А;

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- QF21 ВА47-29: $I_{\text{ном.а}} = 6 \text{ А}$;
- QF22 ВА47-29: $I_{\text{ном.а}} = 16 \text{ А}$;

Кабельні лінії і проводи:

- К611: ВВГ-нг 0,4 (5x1,5) – 23 м;
- К612 : ВВГ-нг 0,4 (5x4) – 6 м;
- К621 : ВВГ-нг 0,4 (4x2,5) – 6 м;
- К622 : ВВГ-нг 0,4 (4x2,5) – 16 м;

При обчисленні струмів КЗ урахується сумарний опір у мережах, які живляться від трансформаторів потужність до 1600 кВА, включно, згідно з такими рекомендаціями [5, 7]:

- на затискачах ЕА, які живляться від первинних РП $R_{\text{к}} = 25 \text{ мОм}$;
- на затискачах ЕА, які встановлено безпосередньо в ЕП $R_{\text{к}} = 30 \text{ мОм}$.

Результати розрахунку параметрів схеми заміщення та струмів трифазного КЗ у початковий момент часу наведено у таблиці 5.1 та 5.2 відповідно.

Таблиця 4.1 – Розрахункові параметри схеми заміщення

Елемент схеми заміщення	R, мОм	X, мОм
К611	282,9	2,898
К612	27,78	0,612
К621	44,4	0,696
К622	118,4	1,856
QF11	7	4,5
QF12	7	4,5
QF21	7	4,5
QF22	7	4,5
К1	25	-
К2	25	-
К3	30	-
К4	30	-

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку струмів трифазного КЗ в різних точках електричної мережі до 1 кВ

Точка КЗ	Діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент $I_{к(0)}$, кА	Ударний струм i_y , кА
К1	0,733	1,037
К2	3,849	5,443
К3	0,582	1,068
К4	1,072	1,516

4.2 Розрахунок струмів однофазного КЗ

Однофазні КЗ розраховують для перевірки надійності вимикання лінії у разі пробою ізоляції та появи потенціалу на корпусі ЕП, величина якого небезпечна для життя персоналу. Величина струму має бути мінімально можливою наприкінці ділянки, що захищається, тому що цей струм має бути достатнім для спрацювання захисту у ланцюзі 0,38 кВ [2].

Діюче значення періодичної складової струму однофазного металевого КЗ в електричній мережі наругою до 1 кВ визначають за формулою:

$$I_{к}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{Z_{пт}}, \quad (4.5)$$

де U_{ϕ} – фазна напруга мережі;

$Z_{пт}$ – повний опір петлі «фаза-нуль» від трансформатора до точки КЗ;

Опір петлі «фаза-нуль» для ланцюга з n послідовно з'єднаних ділянок визначається за формулою:

$$Z_{пт} = \sum_{i=1}^n z_{п.пт.i} \cdot l_i, \quad (4.6)$$

де $z_{п.пт.i}$ – питомий опір петлі «фаза-нуль» ділянки від ПРЄ до точки КЗ;

l_i – довжина i -ї ділянки.

Опори контактів шин, апаратів, ТС не враховуються, бо обчислення за формулою (4.5) дає деякий запас для струму.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Розрахунок струму однофазного КЗ в початковий момент часу в електричній мережі напругою до 1 кВ буде проведений для схеми, яка наведена на рисунку 4.1, а схема заміщення на рисунку 4.2.

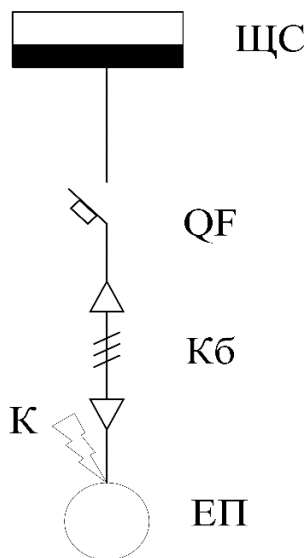


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема для розрахунку струмів однофазного КЗ

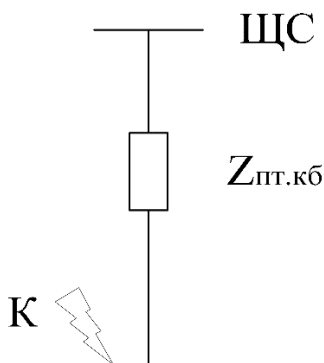


Рисунок 4.2 – Схема заміщення для розрахунку струмів однофазного КЗ

Оскільки вся розподільна мережа, в нашому випадку, виконана кабелем з фазним і нульовим провідником однакового перерізу ($2,5 \text{ мм}^2$), то питомий опір петлі «фаза-нуль» $Z_{пт.і}$ для кожної ділянки мережі буде дорівнювати $17,4 \text{ мОм/м}$ [2].

Довжину ділянки обираємо максимальною, тобто довжину лінії від ПРЄ до найвіддаленішої розетки.

Результати розрахунку параметрів схеми заміщення та струмів однофазного КЗ у початковий момент часу наведено у таблиці 4.3 та 4.4.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку струмів однофазного КЗ в різних точках електричної мережі третього поверху

Точка КЗ	Струм однофазного КЗ, кА
М-301	0,881
М-302	1,017
М-303	0,575
М-304	0,696
М-305	0,778
М-305(а)	2,203
М-305(б)	0,661
М-306	0,734
М-307	0,944
М-307(а)	1,017
М-308	0,508
М-309	1,469
М-310	0,629
М-311	0,944

Таблиця 4.4 – Результати розрахунку струмів однофазного КЗ в різних точках електричної мережі четвертого поверху

Точка КЗ	Струм однофазного КЗ, кА
М-401	0,826
М-402	0,575
М-403	0,881
М-404	0,696
М-405	0,778
М-406	0,944
М-407	0,778
М-408	2,644
М-409	0,490
М-410	1,102
М-411	1,469
М-412	1,652
М-413	1,017
М-414	1,888
М-415	0,881

5. ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ

Даний розділ необхідний для вибору комутаційних та захисних ЕА в електричній мережі до 1 кВ, а саме:

- для ділянок розподільної мережі;
- для ділянок живильної мережі

Вибір і перевірка всіх ЕА напругою до 1 кВ мають відповідати таким вимогам [2]:

- 1) міцності ізоляції для роботи в тривалому режимі та при короткочасних перенапругах

$$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.м}}, \quad (5.1)$$

де $U_{\text{ном.а}}$ і $U_{\text{ном.м}}$ – номінальна напруга ЕА і номінальна напруга електричної мережі відповідно, у якій застосовується ЕА;

- 2) допустимого нагрівання струмами в тривалому режимі

$$I_{\text{ном.ЕА}} \geq I_{\text{ф}}, \quad (5.2)$$

де $I_{\text{ном.ЕА}}$ і $I_{\text{ф}}$ – номінальний струм ЕА і струм форсованого режиму відповідно, тобто тривалий максимальний робочий струм, який може через нього протікати;

- 3) відповідності навколишньому середовищу, роду установки і конструктивному виконанню та ін.;

- 4) відповідність параметрам основної функціональної характеристики: комутаційні ЕА або ЕА захисту;

Перевірку вибраних ЕА проводять за їх стійкістю та працездатності при наскрізних струмах КЗ, тому мають виконуватися такі умови:

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Зимогляд Ю.В.			<i>Розробка системи електропостачання третього та четвертого поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ</i>	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Лебедка С.М					56	80
Реценз.						<i>СумДУ, ЕТ.м-91</i>		
Н. Контр.		Никифоров						
Затверд.		Лебединський						

Перевірку вибраних ЕА проводять за їх стійкістю та працездатності при наскрізних струмах КЗ, тому мають виконуватися такі умови:

- 1) струм електродинамічної стійкості ЕА

$$i_{\text{дин}} \geq i_y, \quad (5.3)$$

де i_y – розрахунковий ударний струм;

- 2) допустимий струм термічної стійкості апарата I_T за допустимий час термічної стійкості t_T

$$I_T^2 \cdot t_T \geq I_K^2 \cdot t, \quad (5.4)$$

де I_K і t – розрахункові параметри струму КЗ і дійсного часу вимикання КЗ відповідно.

5.1 Вибір електричних апаратів в силових електричних мережах напругою до 1 кВ

Для захисту електричних мереж до 1 кВ застосовують автоматичні повітряні вимикачі і плавкі запобіжники.

Автоматичний повітряний вимикач (автомат) – це комутаційний апарат, призначений для автоматичного розмикання електричних ланцюгів при ненормальних режимах (струмах КЗ або перевантаженнях) та нечастих вмиканнях та розмиканнях у нормальних режимах роботи [2].

Номінальна напруга автомата $U_{\text{ном.а}}$ – це вказана в паспорті напруга, яка відповідає напрузі електричної мережі, де цей автомат може застосовуватися.

Номінальний струм автомата $I_{\text{ном.а}}$ – це найбільший струм, при протіканні якого автомат працює протягом тривалого часу без ушкоджень.

Номінальний струм розчеплювача автомата $I_{\text{ном.р}}$ – це струм, який зазначено в паспорті, при протіканні якого протягом тривалого часу не відбувається спрацювання розчеплювача. Струм уставки розчеплювача – це найменший струм, при протіканні якого розчеплювач спрацьовує.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1.1 Вибір автоматичних вимикачів вводу

Згідно плану розподільної мережі, кожного з поверхів, живлення електроприймачів здійснюється за допомогою поверхових силових щитків під назвою ЩС-8, ЩС-10, РП-3 (3-й поверх) та ЩС-9, ЩС-11 (4-й поверх). У даних ПРЕ встановлюється триполюсний автоматичний вимикач вводу типу ВА47-29 з комбінованим типом розчіплювача (електромагнітний та біметалічний) з часо-струмовою робочою характеристикою С який зображено на рисунку 5.1.

Результати вибору автоматичного вимикача вводу для ЩС-8 наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Каталогні та розрахункові дані автомата вводу типу ВА47-29 для ЩС-8

Умови вибору	Каталожні дані автомата ВА47-29	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.м}}$	$U_{\text{ном.а}} = 400 \text{ В}$	$U_{\text{ном.м}} = 380 \text{ В}$
За номінальним струмом автомата $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\phi}$	$I_{\text{ном.а}} = 32 \text{ А}$	$I_{\phi} = 30 \text{ А}$
За номінальним струмом розчіплювача $I_{\text{ном.р}} \geq I_{\phi}$	$I_{\text{ном.р}} = 32 \text{ А}$	$I_{\phi} = 30 \text{ А}$
За номінальним струмом автомата та розчіплювача $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.р}}$	$I_{\text{ном.а}} = 32 \text{ А}$	$I_{\text{ном.р}} = 32 \text{ А}$
За номінальним струмом теплового розчіплювача $I_{\text{с.т.р}} \geq 1,13 \cdot I_{\phi}$	$I_{\text{с.т.р}} = 1,13 \cdot I_{\text{ном.р}} = 1,13 \cdot 32 = 36,16 \text{ А}$	$1,13 \cdot I_{\phi} = 1,13 \cdot 30 = 33,9 \text{ А}$
За умовою відбудови від пікових струмів $I_{\text{с.в}} = C \cdot I_{\text{ном.р}} \geq C \cdot I_{\phi}$	$I_{\text{с.в}} = 5 \cdot 32 = 160 \text{ А}$	$C \cdot I_{\phi} = 5 \cdot 30 = 150 \text{ А}$
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{\text{ном.в.а}} \geq I_{\text{п.0}} = I_{\text{к}}^{(3)}$	$I_{\text{ном.в.а}} = 4,5 \text{ кА}$	$I_{\text{п.0}} = I_{\text{к4}}^{(3)} = 1,5 \text{ кА}$
За умовою чутливості $I_{\text{к}}^{(1)} \geq 1,25 \cdot I_{\text{с.в}}$	$I_{\text{к1}}^{(1)} = 1 \text{ кА}$	$1,25 \cdot I_{\text{с.в}} = 1,25 \cdot 160 = 0,2 \text{ кА}$

Остаточно вибираємо до встановлення в ЩО-8 ввідний автоматичний вимикач вводу ВА47-29.



Рис. 5.1 – Автоматичний вимикач вводу типу ВА47-29 з часо-струмовою робочою характеристикою С для ЩС-8

Аналогічним чином вибираємо автоматичні вимикачі вводу для ЩС-9, ЩС-10, ЩС-11 та РП-3. Результати вибору заносимо до таблиці 5.2

Вибір ввідних автоматів для поверхових ЩО виконано в підрозділі 5.1.4 (див. стор. 62)

Таблиця 5.2 – Результати вибору автоматів вводу для поверхових ПРЕ

ПРЕ	Тип автомата	$U_{ном.а}, В$	$I_{ном.а}, А$	$I_{ном.р}, А$	$I_{с.т.р}, А$	$I_{с.в}, А$	$I_{ном.в.а}, кА$
ЩС-9	ВА47-29	400	C32	32	36,16	160	4,5
ЩС-10	ВА47-29	400	C16	16	18,08	80	4,5
ЩС-11	ВА47-29	400	C25	25	28,25	125	4,5
РП-3	ВА47-29	400	C32	32	36,16	160	6

5.1.2 Вибір лінійних автоматичних вимикачів

Для захисту ліній розподільної мережі від поверхових ЩС до аудиторних ЩС також використовуємо триполюсні автоматичні вимикачі типу ВА47-29 з

часо-струмовою робочою характеристикою C , які встановлюється у поверхових ЩС за радіальною схемою після автоматичного вимикача вводу.

Результати вибору лінійних автоматичних вимикачів для розподільної мережі аудиторних ЩС наведено у таблиці 5.3.

Вибір лінійних автоматів для поверхових ЩО виконано в підрозділі 5.1.4 (див. стор. 62)

Таблиця 5.3 – Результати вибору лінійних автоматичних вимикачів

Поверх	Приміщення	ПРЕ	$U_{ном.а}, В$	$I_{ном.а}, А$	$I_{ном.р}, А$	$I_{с.т.р}, А$	$I_{с.в}, А$	$I_{ном.в.а}, КА$
3	М-308	ЩС-1	400	C25	25	28,25	125	4,5
	М-310	ЩС-2	400	C10	10	11,3	50	4,5
	М-305	ЩС-3	400	C6	6	6,78	30	4,5
	М-304	ЩС-4	400	C13	13	14,69	65	4,5
		ЩС-5	400	C6	6	6,78	30	4,5
		ЩС-6	400	C6	6	6,78	30	4,5
		ЩС-7	400	C6	6	6,78	30	4,5
		ЩС-9	400	C6	6	6,78	30	4,5
	ЩС-11	400	C6	6	6,78	30	4,5	
	М-305(а)	ЩС-12	400	C10	10	11,3	50	4,5
	М-306	ЩС-13	400	C6	6	6,78	30	4,5
М-307	ЩС-14	400	C16	16	18,08	80	4,5	
М-307	ЩС-15	400	C6	6	6,78	30	4,5	
4	М-409	ЩС-1	400	C10	10	11,3	50	4,5
	М-408	ЩС-2	400	C20	20	22,6	100	4,5
	М-407	ЩС-3	400	C13	13	14,69	65	4,5
	М-405	ЩС-4	400	C10	10	11,3	50	4,5

Остаточню вибираємо до встановлення лінійні автоматичні вимикачі типу ВА47-29.

5.1.3 Вибір автоматичних вимикачів до ЕП

У аудиторних ЩС обираємо до встановлення автоматичні вимикачі типу ВА47-29 триполюсні (рисунок 5.2 (б)) і однополюсні (рисунок 5.2 (а)) для захисту трифазних і однофазних ЕП відповідно з часо-струмовою робочою характеристикою B , згідно з рекомендаціями глави 3.1 та 3.2 ПУЕ, та задля забезпечення селективності захисту.

Результати вибору автоматичних вимикачів для окремих потужних ЕП наведено у таблиці 5.4.

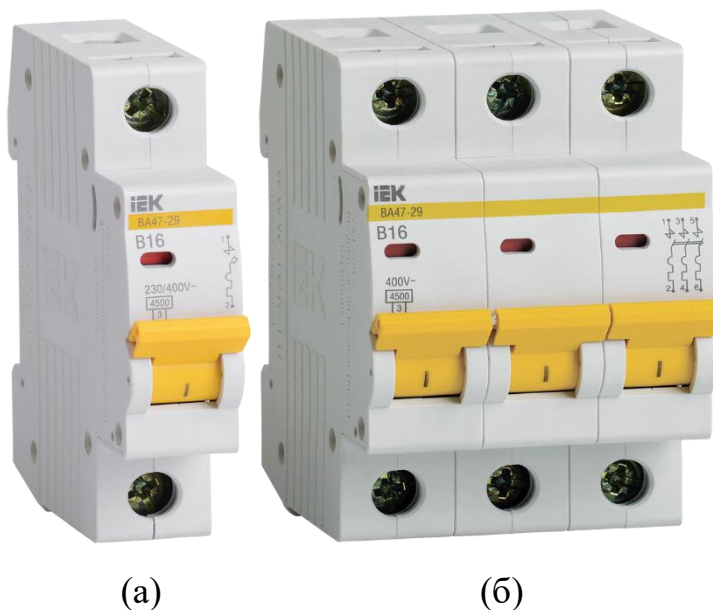


Рис. 5.2 – Автоматичні вимикач вводу типу ВА47-29 з часо-струмовою робочою характеристикою В

Таблиця 5.4 – Результати вибору автоматичних вимикачів для окремих ЕП

Поверх	ПРЕ	ЕП	$U_{ном.а},$ В	$I_{ном.а},$ А	$I_{ном.р},$ А	$I_{с.т.р.},$ А	$I_{с.в.},$ А	$I_{ном.в.а.},$ кА
3	ЩС-1	Стенд дослідження максимального струму	400	B16	16	18,08	48	4,5
		Стенд дослідження захисту лінії	400	B16	16	18,08	48	4,5
		Стенд дослідження режимів КЗ	400	B16	16	18,08	48	4,5
	ЩС-13	Стенд для дослідження випрямлячів	400	B2	2	2,26	6	4,5
	ЩС-3	Лабораторний стенд	400	B2	2	2,26	6	4,5
	ЩС-5	Стенд для дослідження електродвигуна	400	C6	6	6,78	30	4,5
	ЩС-6	Стенд для дослідження електродвигуна	400	C6	6	6,78	30	4,5
	ЩС-7	Стенд для дослідження лінії	400	B2	2	2,26	6	4,5

Продовження таблиці 5.4

Поверх	ПРЕ	ЕП	$U_{ном.а},$ В	$I_{ном.а},$ А	$I_{ном.р},$ А	$I_{с.т.р},$ А	$I_{с.в},$ А	$I_{ном.в.а},$ кА
3	ЩС-9	Стенд для дослідження лінії	400	В2	2	2,26	10	4,5
	ЩС-12	Свердлильний станок	400	С6	6	6,78	30	4,5
		Точильний станок	400	С2	2	2,26	10	4,5
	ЩС-8	Кондиціонер	230	В16	16	18,08	80	4,5
	ЩС-14	Мікрохвильова піч	230	В10	10	11,3	50	4,5
		Кондиціонер	230	В16	16	18,08	80	4,5
4	ЩС-2	Серверна	230	В16	16	18,08	80	4,5
	ЩС-11	Кондиціонер	230	В10	10	11,3	50	4,5

За результатами вибору було прийняте рішення, щодо встановлення автоматичних вимикачів з часо-струмовою робочою характеристикою С для електроприймачів, що мають у своїй конструкції асинхронні двигуни невеликої потужності. Вони зумовлюють появу пускових струмів невеликого значення в мережі, але можуть призвести до спрацювання захисту автоматичних вимикачів з характеристикою В.

Для захисту всіх інших однофазних ЕП які живляться від групової електричної мережі за допомогою штепсельних розеток і вилок розрахованих на номінальний струм 16А обираємо до встановлення однополюсні автоматичні вимикачі типу ВА47-29 з номінальним струмом автомата 16 А, та часо-струмовою характеристикою В, з розрахунку приєднання до лінії від автомату не більше 3-4 штепсельних розеток.

5.1.4 Вибір автоматичних вимикачів для захисту освітлювальної мережі

На вводі до ЩО обираємо до встановлення триполюсний автоматичний вимикач типу ВА47-29 для захисту живильної трифазної лінії робочого

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

освітлення. Роль лінійних автоматичних вимикачів будуть відігравати однополюсні автоматичні вимикачі типу ВА47-29 для захисту однофазних ліній освітлення. Автомати обираємо з часо-струмовою робочою характеристикою характеристикою В, згідно з рекомендаціями глави 3.1 та 3.2 ПУЕ та [10], щодо застосування в освітлювальних мережах автоматів такого типу.

Результати вибору автоматичних вимикачів для захисту мережі загального освітлення наведено у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Результати вибору автоматичних вимикачів для мережі загального освітлення

Поверх	Ділянка	$U_{ном.а}, В$	$I_{ном.а}, А$	$I_{ном.р}, А$	$I_{с.т.р}, А$	$I_{с.в}, А$	$I_{ном.в.а}, КА$
3	ЩО-8	400	В6	6	6,78	18	4,5
	ЩО-10	400	В6	6	6,78	18	4,5
4	ЩО-9	400	В6	6	6,78	18	4,5
	ЩО-11	400	В6	6	6,78	18	4,5
3	М-305	230	В4	4	4,52	12	4,5
	М-310	230	В4	4	4,52	12	4,5
	М-308	230	В6	6	6,78	18	4,5
	М-309	230	В2	2	2,26	6	4,5
	М-307(а)	230	В2	2	2,26	6	4,5
	М-307	230	В4	4	4,52	12	4,5
	Туалет	230	В1	1	1,13	3	4,5
	Підсобне приміщення	230	В1	1	1,13	3	4,5
	Коридор	230	В2	2	2,26	6	4,5
	М-305(а)	230	В2	2	2,26	6	4,5
	М-305(б)	230	В2	2	2,26	6	4,5
	М-304	230	В6	6	6,78	18	4,5
	М-301	230	В2	2	2,26	6	4,5
	М-302	230	В2	2	2,26	6	4,5
	М-303	230	В2	2	2,26	6	4,5
	М-306	230	В4	4	4,52	12	4,5
М-311	230	В1	1	1,13	3	4,5	
4	М-408	230	В2	2	2,26	6	4,5
	М-409	230	В4	4	4,52	12	4,5
	М-410	230	В4	4	4,52	12	4,5
	М-411	230	В2	2	2,26	6	4,5
	М-412	230	В4	4	4,52	12	4,5
	М-413	230	В1	1	1,13	3	4,5

Продовження таблиці 5.5

Поверх	Ділянка	$U_{ном.а}, В$	$I_{ном.а}, А$	$I_{ном.р}, А$	$I_{ст.р}, А$	$I_{с.в}, А$	$I_{ном.в.а}, КА$
4	Коридор	230	В2	2	2,26	6	4,5
	М-401	230	В2	2	2,26	6	4,5
	М-402	230	В1	1	1,13	3	4,5
	М-403	230	В1	1	1,13	3	4,5
	М-404	230	В2	2	2,26	6	4,5
	М-405	230	В4	4	4,52	12	4,5
	М-406	230	В2	2	2,26	6	4,5
	М-407	230	В2	2	2,26	6	4,5
	М-414	230	В4	4	4,52	12	4,5
	М-415	230	В2	2	2,26	6	4,5

Остаточно обираємо до встановлення автоматичні вимикачі типу ВА47-29 для захисту мережі загального освітлення.

5.2 Узгодження вибраного перерізу провідників електричної мережі напругою до 1 кВ з вибраними апаратами захисту

Переріз проводів і кабелів, які вибиралися за нагріванням допустимим тривалим струмом з урахуванням умов прокладення та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов $I'_{доп}$, перевіряють за умовою узгодження відповідності вибраним апаратам захисту за формулою:

$$I'_{доп} \geq K_{зах} \cdot I_{зах}, \quad (5.5)$$

де $K_{зах}$ – нормована ПУЕ кратність допустимого струмового навантаження на провідники щодо параметрів захисних апаратів. У нашому випадку приймаємо $K_{зах} = 1$.

$I_{зах}$ – струм апарата захисту.

При невиконанні умов узгодження вибраного перерізу провідників відповідності вибраним апаратам захисту вибирається нове найближче більше значення стандартного перерізу за допустимим тривалим струмом.

Результати узгодження перерізу кабелів живильної мережі з ЕА захисту наведено у таблиці 5.6

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.6 – Результати узгодження перерізу кабелів живильної мережі з

ЕА захисту

Поверх	Приміщення	ПРЕ	$S_{ст},$ мм ²	$I_{доп},$ А	$I_{ном.т.р},$ А	Остаточного вибраний тип кабеля	$I_{доп},$ А
3	Коридор	ЩС-10	5x2,5	19,32	16	ВВГ-нг-0,6 (5x2,5)	-
		ЩС-8	5x6	31,28	32	ВВГ-нг-0,6 (5x10)	46
		РП-3	5x6	31,28	32	ВВГ-нг-0,6 (5x10)	46
	М-308	ЩС-1	5x4	24,84	25	ВВГ-нг-0,6 (5x6)	31,28
	М-310	ЩС-2	5x1,5	13,8	10	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)	-
	М-305	ЩС-3	5x1,5	13,8	6	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)	-
	М-304	ЩС-4	5x1,5	13,8	13	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)	-
		ЩС-5	5x1,5	13,8	6	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)	-
		ЩС-6	5x1,5	13,8	6	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)	-
		ЩС-7	5x1,5	13,8	6	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)	-
		ЩС-9	5x1,5	13,8	6	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)	-
	М-305(а)	ЩС-12	5x1,5	13,8	10	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)	-
	М-306	ЩС-13	5x1,5	13,8	6	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)	-
	М-307	ЩС-14	5x2,5	19,32	16	ВВГ-нг-0,6 (5x2,5)	-
М-307	ЩС-15	5x1,5	13,8	6	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)	-	
4	Коридор	ЩС-11	5x4	24,84	25	ВВГ-нг-0,6 (5x6)	31,28
		ЩС-9	5x6	31,28	32	ВВГ-нг-0,6 (5x10)	46
	М-409	ЩС-1	5x1,5	13,8	10	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)	-
	М-408	ЩС-2	5x2,5	19,32	20	ВВГ-нг-0,6 (5x4)	24,84
	М-407	ЩС-3	5x1,5	13,8	13	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)	-
	М-405	ЩС-4	5x1,5	13,8	10	ВВГ-нг-0,6 (5x1,5)	-

Для розподільної мережі узгоджувати перерізи кабелів з ЕА захисту немає потреби, адже переріз мідної струмопровідної жили розподільної мережі дорівнює 2,5 мм². Величина нагрівання допустимим тривалим струмом з урахуванням умов прокладення та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов $I'_{доп}$ такої жили рівний 19,32 А, а ЕА захисту для розподільної мережі обрані згідно таблиці 5.4 такими, що не перевищують значення струму 16А.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Перевірка штучного освітлення аудиторій на норму освітленості

Для перевірки штучного освітлення на кожному з поверхів навчального корпусу «М» обираємо одну аудиторію на кожному з поверхів:

- М-310 – 3-й поверх, комп'ютерна аудиторія, площа – 7,1х6,3 м²;
- М-409 – 4-й поверх, лекційна аудиторія, площа – 10,3х6,3 м².

Висота приміщень приймається рівною 3 м.

Висота робочої поверхні приймається рівною 0,8 м.

Стеля аудиторій представлена у вигляді — підвісна стеля типу «Армстронг».

Типом джерела освітлення для обох аудиторій є растровий світильник вбудованого типу з чотирма люмінесцентними лампами потужність якого, разом з лампами (по 25 Вт кожна) складає 100 Вт.

Норми освітленості робочої поверхні згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» для освітніх, адміністративних та громадських закладів наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Норми освітленості приміщень

Типи приміщень	Е _{ср} , лк
Аудиторія	300
Комп'ютерний клас	400
Викладацькі і кабінети	200
Коридори	75

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Зимогляд Ю.В.			<i>Розробка системи електропостачання третього та четвертого поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ</i>	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Лебедка С.М.					66	80
Реценз.						<i>СумДУ, ЕТ.м-91</i>		
Н. Контр.		Никифоров						
Затверд.		Лебединський						

Важливим фактором, що впливає на вибір енергозберігаючих заходів, є фактичний рівень освітленості приміщень. У випадку коли середня освітленість E_{cp} , (лк) робочої поверхні менше за норму, нам необхідно шляхом збільшення числа світильників або типу і потужності ламп у вже існуючих світильниках привести її у відповідність до санітарно-гігієнічних норм.

І навпаки, у випадку її перевищення зменшити кількість світильників, або типу і потужності ламп у вже існуючих. Цим самим зменшивши споживання електроенергії освітлювальною мережею.

Моделювання рівня освітленості в аудиторіях будемо виконувати за допомогою програмного комплексу «*DiaLux 4.13 Light*».

Програма «*DiaLux 4.13 Light*» відповідно до норм чинного законодавства вирішує складні завдання з розрахунку штучної і природної освітленості будь-яких внутрішніх або зовнішніх приміщень, доріг, вулиць, спортивних майданчиків, робочих місць, цехів та ін. При заданій кількості, типі і розташуванні світильників програма дозволяє проводити безліч складних світлотехнічних розрахунків. При цьому враховується цілий ряд різних чинників: геометрія приміщення, текстура, колір поверхонь та коефіцієнт забруднення приміщення.

За допомогою програмного комплексу 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 також погодні умови.

Рівень освітленості на плані для приміщення даний програмний комплекс зображує у вигляді «*Isolux-ліній*» біля кожної з яких, зазначене числове значення рівня освітленості у люксах. Червоним квадратом позначаються світильники.

Результати розрахунку освітленості для аудиторії М-310 зображені на рисунку 6.1 та наведені в таблиці 6.2.

Результати розрахунку освітленості для аудиторії М-409 зображені на рисунку 6.2 та наведені в таблиці 6.2.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

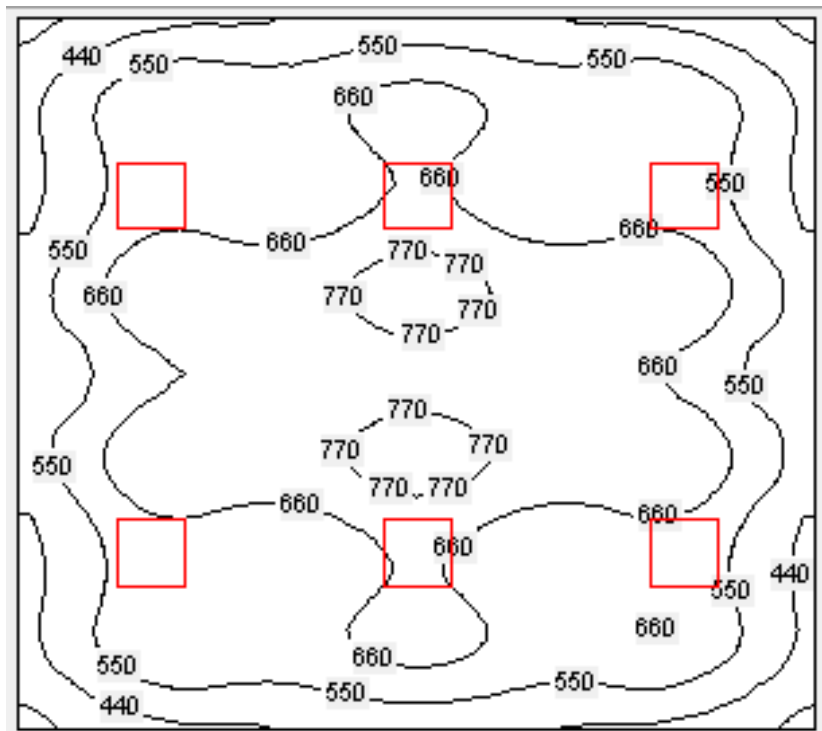


Рис. 6.1 – Рівень освітленості в аудиторії М-310

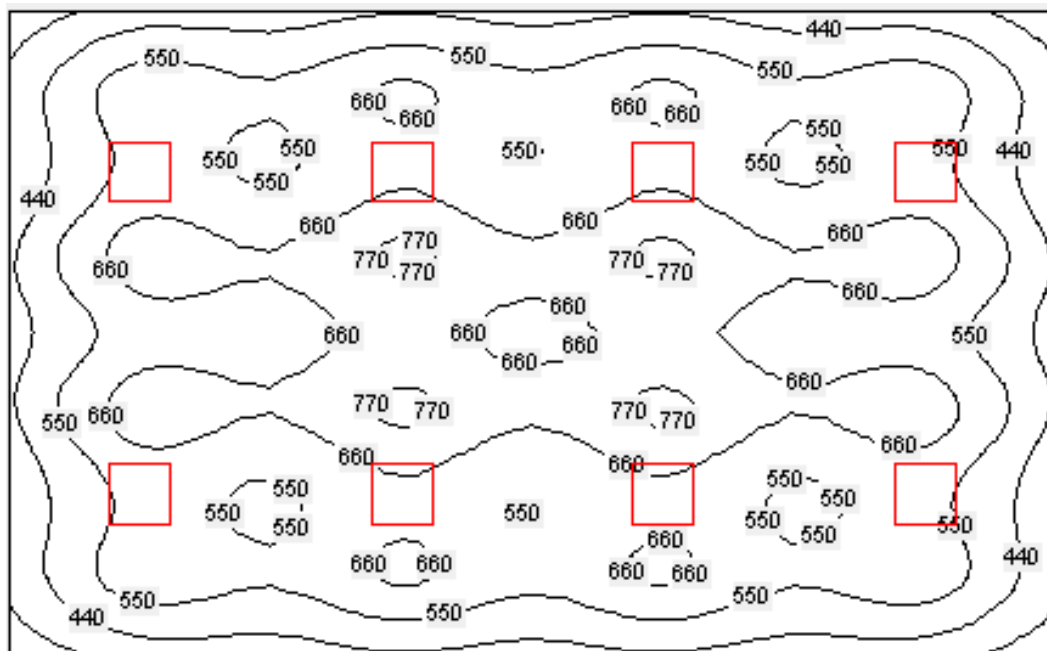


Рис. 6.1 – Рівень освітленості в аудиторії М-409

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

68

Таблиця 6.2 – Результуючі значення рівня освітленості в аудиторіях

Приміщення	$E_{\text{ср}}$, лк	E_{min} , лк	E_{max} , лк
М-310	609	305	836
М-409	585	280	801

Згідно отриманих даних та порівняльного аналізу середнього рівня освітленості в аудиторіях та встановленого санітарно-гігієнічними нормами, можемо зробити висновок, що значення рівня освітленості для кожної з аудиторій більше суттєво ніж необхідне.

Враховуючи вище наведене, умовно зменшимо споживану електричну потужність кожної з люмінесцентних ламп з 25 Вт до 18 Вт для аудиторії М-409, а для аудиторії М-310 зменшимо кількість світильників на 2 та проведемо повторний аналіз.

Результати повторного розрахунку освітленості для аудиторії М-310 зображені на рисунку 6.3 та наведені в таблиці 6.3.

Результати повторного розрахунку освітленості для аудиторії М-409 зображені на рисунку 6.4 та наведені в таблиці 6.3.

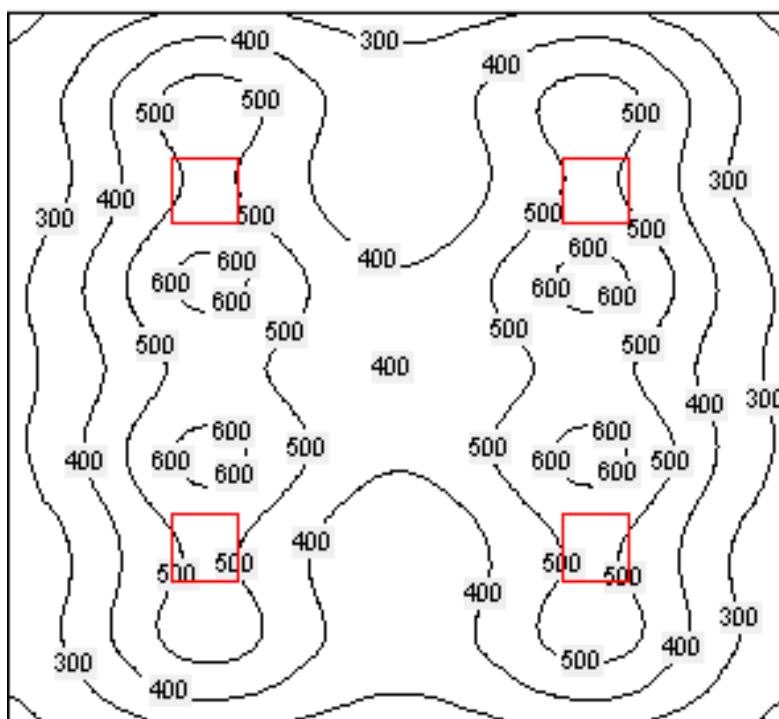


Рис. 6.3 – Перерахований рівень освітленості в аудиторії М-310

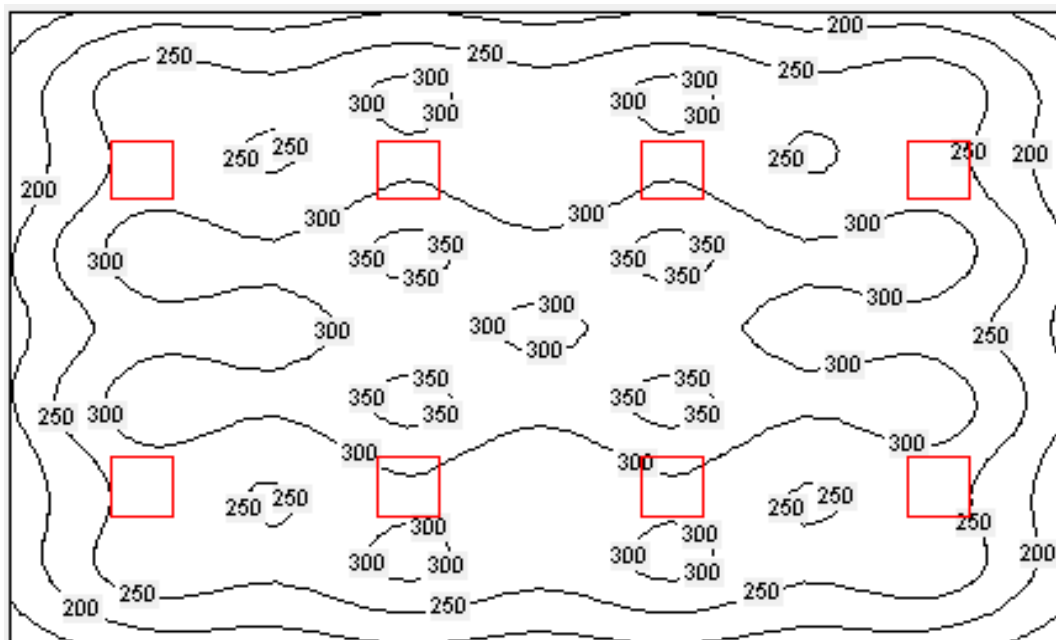


Рис. 6.4 – Перерахований рівень освітленості в аудиторії М-409

Таблиця 6.3 – Результуючі значення рівня освітленості в аудиторіях після перерахунку

Приміщення	$E_{\text{ср}}$, лк	E_{min} , лк	E_{max} , лк
М-310	416	184	639
М-409	292	133	381

Згідно нових отриманих даних норма освітленості в кожній з аудиторій лежить в межах допустимих значень з 10% відхиленням від середньої освітленості встановленої чинним законодавством.

В результаті перевірки було:

- Зменшено в аудиторії М-310 кількість світильників до 4, що призвело в свою чергу зменшення споживання електричної енергії освітлювальної мережі з 600 до 400 Вт при нормованій освітленості робочого місця;
- Замінено в аудиторії М-409 тип люмінесцентних ламп з номінальною споживаною потужністю 18 Вт, що призвело до зменшення споживання електричної енергії з 800 до 576 Вт.

7. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

7.1 Економічна ефективність модернізації 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 важливим завданням для розробників нових освітлювальних мереж, бо неналежним чином виконане освітлення може привести не тільки до втрат енергії, але й до негативних наслідків для здоров'я та психологічного стану людини, що в свою чергу позначається на її працездатності.

Розраховуючи освітлення, потрібно керуватися не тільки вимогами чинного законодавства щодо освітленості робочого місця, але і намагатися забезпечити максимально рівномірне освітлення. Надлишкова освітленість призведе до збільшення витрат як на світильники, так і на електроенергію.

У попередньому розділі нами було встановлено, що вже існуюча мережа освітлення на третьому і четвертому поверсі навчального корпусу «М» СумДУ забезпечує надлишкову освітленість робочого місця.

В той самий час було встановлено, що в цілому можна зменшити споживання електричної енергії у кожному із аудиторій на 200 Вт шляхом заміни типу ламп або кількості світильників при цьому зберігаючи необхідну норму освітленості робочої поверхні.

В цьому розділі ми порівняємо витрати за спожиту електроенергію освітлювальної мережі до і після модернізації способом наведеним вище.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Розробка системи електропостачання третього та четвертого поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>	
<i>Розроб.</i>		<i>Зимогляд Ю.В.</i>						<i>71</i>	<i>80</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Маценко О.М.</i>							
<i>Реценз.</i>									
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>						<i>СумДУ, ЕТ.м-91</i>	

7.2 Порівняння економічної ефективності модернізації загальної освітлювальної мережі

При порівнянні витрат за спожиту електроенергію в загальній освітлювальній мережі освітлювальних установок враховувалися такі параметри:

- Кількість споживаної електроенергії електричною мережею загального освітлення за рік;
- Вартість споживаної електроенергії за 1 рік;

У прикладі розглянуто третій та четвертий поверхи навчального корпусу «М» СумДУ та їхня система загального освітлення.

Вихідні дані для розрахунку наведені у таблиці 7.1

Таблиця 7.1 – Вихідні дані до економічного розрахунку

ПРЕ	Розрахункова потужність освітлювальної мережі, кВт	
	до модернізації	після модернізації
ЩО-8	2,63	1,67
ЩО-10	2,21	1,76
ЩО-9	2,08	1,12
ЩО-11	1,47	0,65
Загалом	8,39	5,2

У ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» річне число використання загального освітлення обирається згідно таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Річне число використання освітлювального навантаження

Вид освітлювальної установки	Т _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

Отже час роботи освітлювальних установок становить 2250 годин за рік (при двозмінній роботі університету). Також вважаємо, що кожного місяця буде такий розподіл годин роботи, як показано в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Години роботи освітлювальних установок в залежності від місяця року:

Місяць	Години роботи
січень	300
лютий	300
березень	250
квітень	150
травень	90
червень	75
липень	70
серпень	75
вересень	90
жовтень	250
листопад	300
грудень	300
Загалом	2250

Розрахунок вартості електроенергії проводився із припущення, що ціни на електроенергію для СумДУ будуть зростати пропорційно цінам для побутових споживачів. Відповідно до постанови НКРЕКП від 09.12.2020 № 2377 "Про встановлення тарифів на послуги з розподілу електричної енергії АТ "СУМИОБЛЕНЕРГО" із застосуванням стимулюючого регулювання", буде встановлено тариф на послуги з розподілу електричної енергії з 01 січня 2021 року для споживачів першої категорії (до 35 кВ) рівним 1,6523 грн/кВт·год без ПДВ .

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунку вартості електроенергії, що споживається освітлювальною мережею за наступний рік наведено у таблиці 7.4

Таблиця 7.4 – Розрахунок вартості електроенергії:

Місяць	Вартість ел.енергії грн/кВт·год	Час роботи освітлення, год	Розрахункова потужність освітлювальної мережі, кВт		Вартість спожитої електричної енергії, грн	
			до модернізації	після модернізації	до модернізації	після модернізації
січень 2021	1,6523	30	8,39	5,2	415,88	257,76
лютий 2021	1,6523	30	8,39	5,2	415,88	257,76
березень 2021	1,6523	250	8,39	5,2	3465,70	2147,99
квітень 2021	1,6523	150	8,39	5,2	2079,42	1288,79
травень 2021	1,6523	90	8,39	5,2	1247,65	773,28
червень 2021	1,6523	75	8,39	5,2	1039,71	644,40
липень 2021	1,6523	70	8,39	5,2	970,40	601,44
серпень 2021	1,6523	75	8,39	5,2	1039,71	644,40
вересень 2021	1,6523	90	8,39	5,2	1247,65	773,28
жовтень 2021	1,6523	250	8,39	5,2	3465,70	2147,99
листопад 2021	1,6523	300	8,39	5,2	4158,84	2577,59
грудень 2021	1,6523	300	8,39	5,2	4158,84	2577,59
Загалом (без ПДВ)					23705,38	14692,25
ПДВ					4741,08	2938,45
Загалом					28446,46	17630,70

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 3.8.141.130 ПЗ

Арк.

74

Згідно таблиці 7.4 можна зробити висновок, що після модернізації системи загальної мережі електричного освітлення третього та четвертого поверхів навчального корпусу «М» СумДУ та терміну експлуатації її протягом одного року витрати на споживання електричної енергії мережею освітлення знизилися на 38%.

Враховуючи тенденцію збільшення ціни на електроенергію для побутових та непобутових споживачів, модернізація електричної мережі загально освітлення є необхідною умовою раціонального використання електричної енергії та є економічно обґрунтованою.

У разі розробки різних систем управління освітленням (в даному випадку ми це не враховували), економічний ефект від застосування модернізованої системи загального освітлення може зрости на кілька десятків відсотків.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						75
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВОК

У представленій магістерській роботі спроектована і розрахована система електропостачання для третього та четвертого поверхів науково-навчального корпусу «М» СумДУ.

Були проведені розрахунки, на основі яких було обрано оптимальне електричне устаткування, з запропонованого в каталогах заводів виробників.

При цьому було виконано умову: ЕА вибиралися з номенклатури сучасного електроустаткування, а розрахунки виконувалися по сучасним методикам.

Розрахунки показали, що система електропостачання зможе забезпечити споживачів електричною енергією відповідної якості і у необхідній кількості.

При розробці системи електропостачання були прийняті необхідні рішення, щодо забезпечення захисту мережі від стумів короткого замикання, з умовою селективності захисту

Отже, можна зробити висновок, що спроектована схема електропостачання відповідає вимогам ПУЕ та ГОСТів і здатна забезпечити надійне та безперебійне постачання електричною енергією електроприймачів.

У ході виконання магістерської роботи був набутий необхідний досвід та навички в проектуванні систем електропостачання загальної мережі освітлення, її розрахунку та економічно обґрунтованих методів модернізації.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1) Калюжний Д.М. Конспект лекцій з курсу «Електропостачання та електрозбереження» для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології — Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2016. – 124с.
- 2) Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2007. – 280 с.
- 3) Указания по расчету электрических нагрузок. РТМ 36.18.32.4–92 / / Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок. – 1992. – №7–8. – С. 4–28.
- 4) Василега П.О. Електропостачання: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2019. – 415 с.
- 5) Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2006. – 153 с.
- 6) Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електропостачання: Навч. посіб. – Л.: Вид-во Національного ун-ту «Львівська політехніка», 2005. – 324 с.
- 7) Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 с.
- 8) Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. пособ. для техникумов. – М.: Энергоатомиздат, 2011. – 528 с.
- 9) ДНАОП 0.00-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. — Київ: Укрархбудінформ, 2001. –117 с.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

10) ДБН В. 2.5-23-2003 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. — Київ: Держбуд України, 2004. — 128 с.

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк.
						78
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Додаток А

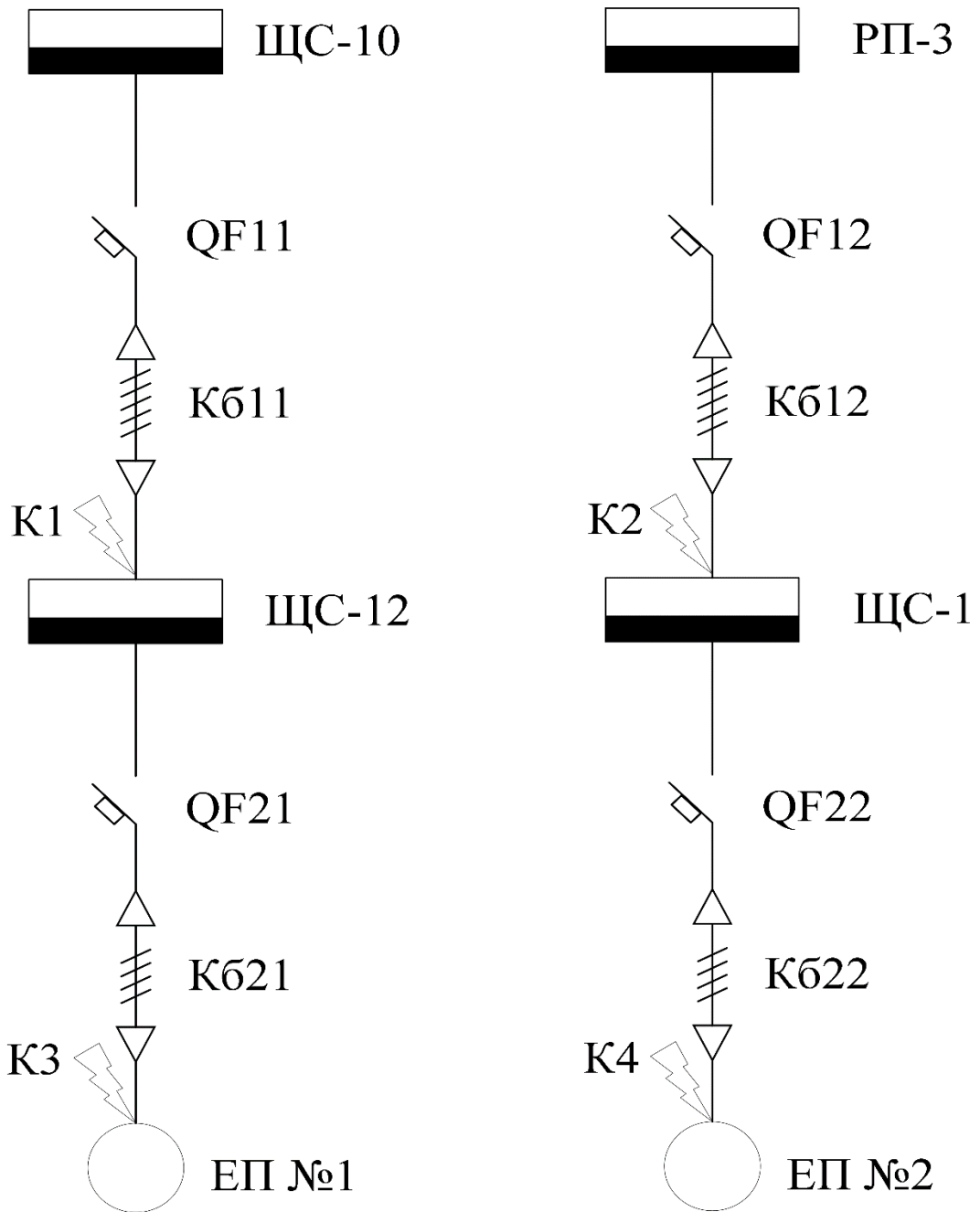


Рисунок А – Розрахункова схема для визначення струмів трифазного КЗ

					<i>MP 3.8.141.130 ПЗ</i>	Арк. 79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Б

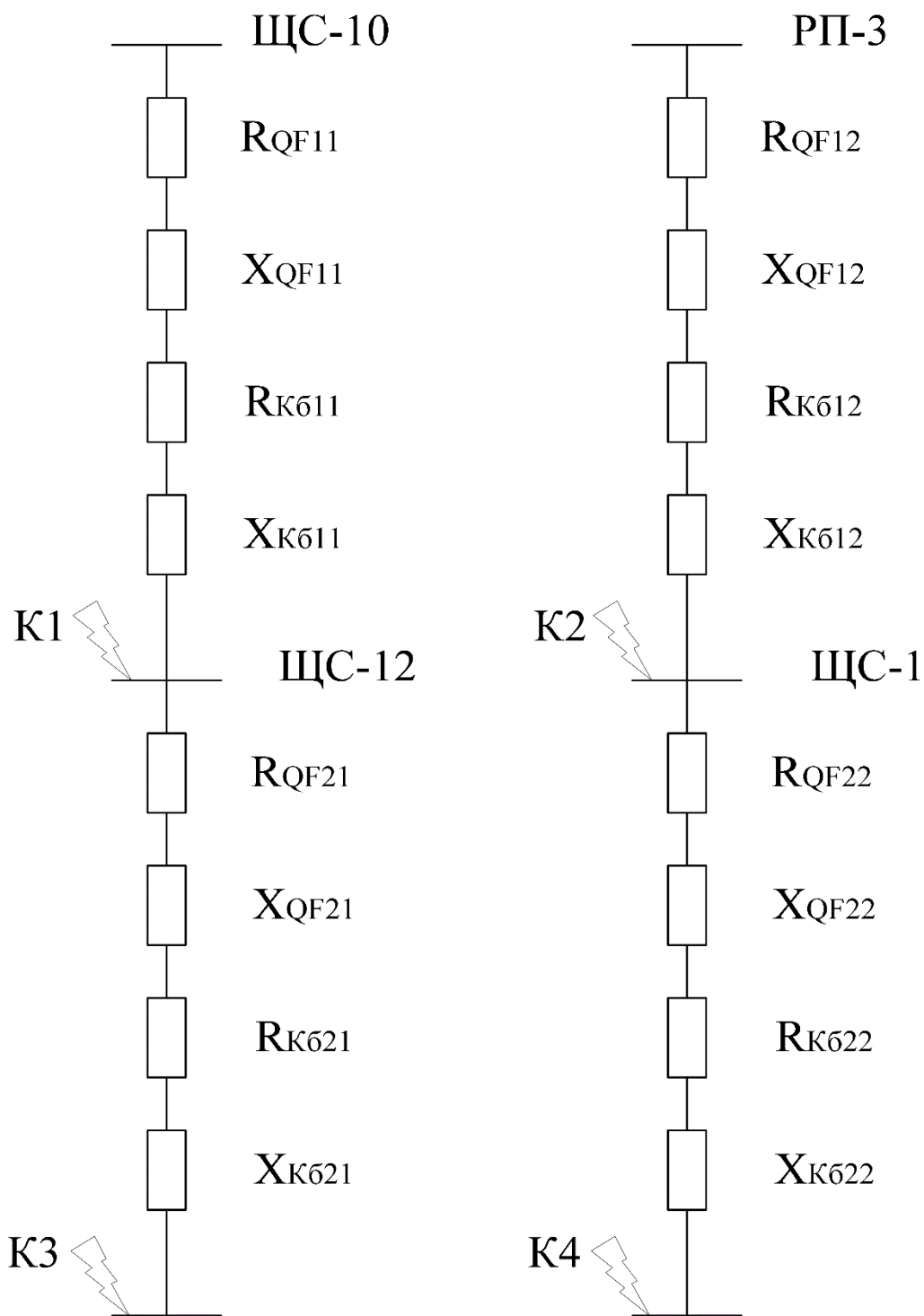


Рисунок Б – Схема заміщення для розрахунку струмів трифазного КЗ