

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Сумський державний університет  
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання  
Кафедра електроенергетики

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Сергій ЛЕБЕДКА

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2024 р.

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

### **на здобуття освітнього ступеня магістра**

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
на тему: «Проектування системи електропостачання другого поверху  
адміністративної будівлі АТ «Сумиобленерго»»

Здобувачка групи ЕТ.мз-31с Олена Миколаївна ПАРХОМЕНКО

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на  
відповідне джерело.

\_\_\_\_\_

(підпис)

Олена ПАРХОМЕНКО

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник канд. фіз.-мат. наук, доцент Михайло ПЕТРОВСЬКИЙ \_\_\_\_\_

**Сумський державний університет**

Факультет ЦЗДВН

Кафедра електроенергетики

Спеціальність 8.141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри електроенергетики

Сергій ЛЕБЕДКА

“ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на кваліфікаційну роботу магістра**

**ПАРХОМЕНКО Олена Миколаївна**

ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Проектування системи електропостачання другого поверху адміністративної будівлі АТ «Сумиобленерго»  
затверджена наказом по університету № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_
2. Дата здачі студентом закінченої роботи \_\_\_\_\_ 02.12.2024 р. \_\_\_\_\_
3. Вихідні дані до роботи: план будівлі вузла, розташування силового обладнання, паспортні дані споживачів електроенергії.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити, основні розділи зі змісту): вступ, загальні відомості про об'єкт проектування, розрахунок електричних навантажень, розрахунок електричного освітлення, вибір перерізу провідників, розрахунок струмів короткого замикання, вибір електричних апаратів, охорона праці, розрахунок заземлювального пристрою, економічна частина, висновки.
5. Перелік графічного матеріалу: 1) план розташування робочих місць; 2) план мережі живлення; 3) план мережі освітлення; 4) план мережі комп'ютерних розеток; 5) план мережі побутових розеток; 6) план мережі кондиціонерів; 7) план заземлення; 8) Схема однолінійна розподільчого щита

6. Консультанти:

Розділ	Керівник	Завдання видав	Завдання прийняв
Економічна частина	О. Маценко		

7. Дата видачі завдання 02.09.2024 р.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Михайло ПЕТРОВСЬКИЙ

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Олена ПАРХОМЕНКО

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1.	Збір та опрацювання вихідних даних	30.09.2024
2.	Складання однолінійної схеми мережі	07.10.2024
3.	Розрахунок електричних навантажень	21.10.2024
4.	Розрахунок струмів короткого замикання	28.10.2024
5.	Вибір електричних апаратів	11.11.2024
6.	Охорона праці	18.11.2024
7.	Економічна частина	25.11.2024
8.	Оформлення креслень та пояснювальної записки	02.12.2024

Студентка \_\_\_\_\_ Олена ПАРХОМЕНКО  
підпис

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Михайло ПЕТРОВСЬКИЙ  
підпис

## АНОТАЦІЯ

с. 94, рис. 10, табл. 16.

**Бібліографічний опис:** Пархоменко О.М. Проектування системи електропостачання другого поверху адміністративної будівлі АТ «Сумиобленерго» : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра : спец. 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / наук. кер. М.В. Петровський. Суми : Сумський державний університет, 2024. 94 с.

### **Ключові слова:**

Обленерго, система, електропостачання, напруга, струм, робоче освітлення, моделювання, силовий щит, електроприймач, кабельна лінія, струм короткого замикання, автоматичний вимикач, розчіплювач, захист від перевантаження, захист від надструму короткого замикання.

System, power supply, voltage, current, work lighting, simulation, power panel, power receiver, cable line, short circuit current, circuit breaker, disconnecter, overload protection, short circuit overcurrent protection.

**Об'єкт дослідження:** система електропостачання 0,4/0,22 кВ 2-го поверху адміністративної будівлі АТ «Сумиобленерго».

### **Короткий огляд.**

Проведено розрахунок електричних параметрів системи електропостачання другого поверху адміністративної будівлі. За допомогою програми DIALux змодельована система освітлення офісних приміщень, розраховано навантаження на двох рівнях електропостачання, розраховано струми короткого замикання в розподільчій мережі 0,4кВ та 0,22кВ, пікові струми для перевірки проєктованих автоматичних вимикачів. Перевірено переріз існуючої кабельної лінії живлення 0,4кВ, обрано та перевірено перерізи кабельних ліній розподільчої мережі 0,22кВ від проєктованого поверхового розподільчого щита ЩРП2 до групових та одиничних споживачів. Виконано вибір та перевірка комутаційних апаратів проєктованого розподільчого щита ЩРП2, що встановлюється в приміщенні №19 (коридор) на другому поверсі адміністративної будівлі.

## Перелік скорочень, умовних позначень, термінів

КЗ – коротке замикання  
ККД – коефіцієнт корисної дії  
ККУ – комплектні конденсаторні установки  
ТП – трансформаторна підстанція  
ТС – трансформатор струму  
ЦРП – центральний розподільний пункт  
ТП – трансформаторна підстанція  
ШНВ – шафа низьковольтна вводу  
КСО – камера стаціонарна однобічного обслуговування  
КТП – комплектна трансформаторна підстанція  
КУ – конденсаторна установка  
НН – низька напруга  
ПС – підстанція  
ПУЕ – Правила улаштування електроустановок  
РП – розподільний пункт  
СВ – струмова відсічка  
АД – асинхронний двигун  
ВГКЗ – вимикаюча гранична комутаційна здатність  
ГПП – головна понижувальна підстанція  
ДЖ – джерело живлення  
ЕА – електричний апарат  
ЕД – електродвигун  
ЕО – електрообладнання  
ЕП – електроприймач  
ЕУ – електроустановка  
СЕП – система електропостачання  
СРШ – силова розподільна шафа  
ТВ – тривалість вмикання  
ШНЛ – шафа низьковольтна лінійна  
ШРА – шинопровід розподільний алюмінієвий  
ЩРО – щиток робочого освітлення

## Зміст

Вступ.....	6
1. Вихідні дані .....	10
2. Розрахунок електричних навантажень .....	13
2.1. Навантаження електричного освітлення .....	15
2.2. Розрахунок силового навантаження на першому рівні .....	20
2.3. Розрахунок силового навантаження на другому рівні.....	23
2.4. Розрахунок силового навантаження на третьому рівні .....	28
2.5. Розрахунок пікових струмів .....	29
3. Вибір та перевірка КЛ-0,4кВ .....	30
4. Розрахунок струмів короткого замикання .....	37
4.1. Розрахунок струмів трифазного КЗ .....	39
4.2. Розрахунок струмів однофазного КЗ .....	44
5. Вибір автоматичних вимикачів .....	49
5.1. Вибір ввідного автоматичного вимикача 0,4кВ .....	52
5.2. Вибір автоматів розподільчої мережі .....	55
6. Охорона праці.....	56
6.1. Розрахунок заземлювального пристрою .....	64
7. Економічна частина .....	70
Висновки .....	80
Список використаних джерел .....	82
ДОДАТКИ.....	84

					<b>MP 5.8.141.288 ПЗ</b>						
Зм.	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата	Проектування системи електропостачання другого поверху адміністративної будівлі АТ «Сумиобленерго»			Літ.Літ.	Лист	Листів	
Розробив		Пархоменко О.М.								5	94
Керівник		Петровський М.В.									
Консульт.											
Н.контроль		Петровський М.В.									
Завтвер.Зав		Лебедка С.М.			<b>СумДУ, ЕТ.мз-31с</b>						

## Вступ

Акціонерне Товариство "Сумиобленерго" – енергетична компанія України, яка здійснює ліцензовану діяльність як оператор системи розподілу електричної енергії на території Сумської області.

До складу АТ "Сумиобленерго" входять 6 філій, які знаходяться в адміністративних районах області, а також дільниці, виробничі служби та відділи в місті Суми.

Для якісного обслуговування споживачів області створено Кол-центр і мережу Сервісних центрів європейського рівня.

АТ "Сумиобленерго" здійснює розподіл електроенергії для понад пів мільйона споживачів електроенергії та великих підприємств, які забезпечують розвиток регіону.

Крім основної діяльності, Товариство надає послуги:

- приєднання до електричних мереж новозбудованих, реконструйованих, технічно переоснащених електроустановок замовників, які належать юридичним особам усіх форм власності, фізичним особам-підприємцям та населенню;
- відновлення розподілу електричної енергії;
- перевірки та експертизи приладів обліку, схем їх підключення та правильності роботи;
- оперативного й технічного обслуговування електроустановок споживачів;
- ремонту електрообладнання споживачів;
- послуги електротехнічної лабораторії.

Інвестиційні програми Товариства спрямовані на реконструкцію, модернізацію електричних мереж, систем релейного захисту, автоматики і телемеханіки, на введення нових потужностей, впровадження новітніх інформаційних технологій.

					MP 5.6.14.1.288 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Співробітники — це найдорогоцінніший капітал компанії АТ «Сумиобленерго». Керівництво компанії готове на всебічну підтримку своїх співробітників, на допомогу — як у виробничих, так і в особистих труднощах. Проводиться постійне вдосконалення системи заохочень за відмінну працю та вдосконалення бази для професійного зростання кожного нашого працівника.

Успіхи кожного в нашій компанії — це правильний крок на шляху зростання та успіху компанії в цілому!

На сьогоднішній момент можна з упевненістю заявити, що в команді «Сумиобленерго» немає випадкових людей. Причому це стосується кожного співробітника нашого підприємства - від рядових виконавців до топ-менеджменту. Збережено кращі кадри з тих, що віддали десятиліття свого життя нашому підприємству. Більш того, підприємство зростило нових висококваліфікованих фахівців, знання яких базуються на світовому досвіді і останніх досягненнях в галузі енергетики. Ці люди стали основою побудови сучасного підприємства «Сумиобленерго». На підприємстві існує така система менеджменту, в якій чітко визначені зони відповідальності кожного члена команди.

Важлива не просто система організації праці, а особистість кожного співробітника. Коли у Вас, простого споживача, виникає конкретна вимога до нашого підприємства, то і задовольняти цю вимогу буде не вся система енергетики країни, а конкретний співробітник сервісного центру, який візьме у Вас замовлення, а потім конкретні майстри будуть проводити роботи. Наше підприємство не просто ланка в глобальній системі енергозабезпечення області, а перш за все, орієнтований на клієнтів комплекс по обслуговуванню населення та підприємств.

В організації та роботі підприємства задіяні різноманітні будівлі і майданчики. Різнорічного призначення — від адміністративного до виробничого.

					<i>MP 5.6.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7



В даній магістерській роботі об'єктом проектування є система електропостачання другого поверху адміністративної будівлі.

Відповідно до ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», адміністративні будівлі підприємств – це будівлі, в яких розміщуються приміщення управління, конструкторських бюро, інформаційно-технічного призначення, копіювально-розмножувальних служб, обчислювальної техніки, охорони праці, приміщення для навчальних занять тощо.

Адміністративна будівля являє собою центр концентрації інформації, адже до неї стікаються всі поточні дані та показники роботи компанії (або окремого структурного підрозділу компанії). В кабінетах адмінбудівлі приймаються управлінські рішення і звідси відбувається керування роботою компанії у режимі реального часу.

Проектування адміністративних будівель – це процес, метою якого є забезпечення комфортних і безпечних умов праці і перебування людей. Так як офісні будівлі – це основа сучасного світу, то проектування систем електропостачання (як і інших важливих систем життєдіяльності) адміністративних будівель – це завдання, яке вимагає ґрунтового підходу та використання передового досвіду.

В процесі проектування розробляється пакет робочої документації (робочий проект) для забезпечення проведення будівельного (будівництво нових будівель або реконструкція існуючих) процесу в затверджених згідно проекту обсягах та рішеннях. Документація включає в себе будівельні креслення, необхідні для чіткого розуміння проекту вертикальні розрізи адміністративної будівлі, поповерхове планування, переліки необхідних будівельних та оздоблювальних матеріалів, схеми прокладання інженерних комунікацій.

В нинішніх реаліях з урахуванням рівня розвитку науки і техніки, при проектуванні адміністративних будівель доцільно впроваджувати ефективні

					<i>MP 5.6.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

інженерні системи, включно з системами кондиціювання, вентиляції та опалення.

При проектуванні адміністративної будівлі необхідно вирішити та врахувати широкий спектр питань: від раціонального розміщення робочих місць для персоналу, вибір якісного та ефективного технологічного обладнання та оргтехніки, функціонально комфортне розміщення системи освітлення та розеткових груп у кожному приміщенні з урахуванням призначення приміщень та видів виконуваної у них роботи. У просторому, світлому і зручно облаштованому приміщенні люди будуть працювати більш ефективно.

Згідно з ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будинки та споруди. Основні положення», громадські будинки (до яких відносяться і адміністративні будівлі) мають бути запроектовані, зведені та обладнані таким чином, щоб попередити ризик отримання травм відвідувачами та персоналом при пересуванні всередині і біля будинку та споруди, при вході та виході з них, а також у разі користування їх елементами та інженерним обладнанням.

Окремими розділами робочого проекту будівництва (реконструкції) вирішуються питання пожежної безпеки, енергоефективності, доступності для маломобільних груп населення та інвалідів, охорони навколишнього середовища.

В даній магістерській роботі буде проведено (як приклад) проектування системи електропостачання 2-го поверху існуючої 3-ох поверхової адміністративної будівлі.

					<i>MP 5.6.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

## 1. Вихідні дані

Об'єкт – другий поверх адміністративної будівлі АТ «Сумиобленерго» являє собою сукупність 18 приміщень (без урахування сходових клітин), загальною площею 400,4 м<sup>2</sup>. Відповідно до призначення приміщення можна розподілити на робочі (кабінети), технічні (серверна та операторська), сантехнічні (санвузол), загального призначення (коридор), а також побутові (кімната для прийому їжі)

Експлікація приміщень 2-го поверху зведена в таблицю 1.1.

### Експлікація приміщень

№	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>	Прим.
1	Сходова клітина	-	
2	Кабінет №1	21,4	
3	Санвузол	5,2	
4	Кабінет №2	31,7	
5	Кімната прийому їжі	1,7	
6	Кабінет керівника	36,3	
7	Кабінет №3	27,9	
8	Серверна	9,1	
9	Коридор	3,2	
10	Операторська	11,5	
11	Кабінет №4	21,7	
12	Кабінет №5	26,3	
13	Кабінет №6	26,4	
14	Кабінет №7	27,5	
15	Кабінет №8	21,5	
16	Кабінет інструктажу	15,6	
17	Кабінет №9	34,7	
18	Кабінет №10	20,2	
19	Коридор	58,5	
20	Сходова клітина	-	
Всього:		400,4	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.288 ПЗ

Арк.

10

Відповідно до існуючої схеми зовнішнього електропостачання – Електрощитова адміністративної будівлі АТ «Сумиобленерго» складається з трьох секцій та живиться від двох секцій РУ-0,4кВ існуючої КТП.

Електропостачання споживачів 2-го поверху адмінбудівлі виконується за допомогою проектного поверхового розподільчого щита ЩРП2.

Мережа живлення виконана кабелем ВВГнгд-5х25 від існуючої розподільчої установки РУ-0,4кВ, що знаходиться в існуючому приміщенні Електрощитової в підвальному приміщенні будівлі.

Для захисту від струмів короткого замикання у проектованому розподільчому щиті ЩРП2 встановлюються автоматичні вимикачі та диференціальні автоматичні вимикачі, які при перевищенні допустимої максимальної величини струму відключають електропостачання лінії до споживача. Теплові та електромагнітні розчеплювачі цих автоматів підберемо таким чином, щоб вони безперешкодно пропускали струм нормальної сили, а при перевантаженнях чи коротких замиканнях розривали електричне коло раніше, ніж надструм зможе пошкодити прилади та кабелі.

Для захисту персоналу від ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції обладнання, кола розеточних мереж захищаються диференціальними автоматичними вимикачами, що окрім вищезазначеного захисту від струмів надмірної сили виконують також захист від струмів витoku та вимикають лінію при перевищенні значення по струму витoku 30 мА.

План розміщення робочих місць у приміщеннях другого поверху адміністративної будівлі наведені у додатку А.

Основними споживачами електроенергії 2-го поверху адміністративної будівлі є комп'ютерна техніка, побутові електроприлади, кондиціонери і витяжні вентилятори, мережа робочого освітлення. Освітлення сходових клітин не розглядається, так отримує живлення поза межами даного проекту.

Перелік споживачів наведено у таблиці 1.2.

					<i>MP 5.8.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Потужність електроспоживання  $P_{ном}$  для Гр.1 – Гр.20 зазначена групова,  
для Гр.21 – Гр.29 – для одиничного споживача.

Таблиця 1.2 – Перелік споживачів

№ за планом	Найменування ЕП	Напруга живлення, В	$P_{ном}$ , кВт	$\cos\phi$
Гр.1	Освітлення	~220VAC	0,344	0,95
Гр.2	Освітлення	~220VAC	0,344	0,95
Гр.3	Освітлення	~220VAC	0,16	0,95
Гр.4	Освітлення	~220VAC	0,396	0,95
Гр.5	Освітлення	~220VAC	0,461	0,95
Гр.6	Комп. розетки	~220VAC	3	0,8
Гр.7	Комп. розетки	~220VAC	3	0,8
Гр.8	Комп. розетки	~220VAC	2,25	0,8
Гр.9	Комп. розетки	~220VAC	4	0,8
Гр.10	Комп. розетки	~220VAC	4	0,8
Гр.11	Комп. розетки	~220VAC	3	0,8
Гр.12	Комп. розетки	~220VAC	3	0,8
Гр.13	Побут. розетки	~220VAC	3	0,8
Гр.14	Побут. розетки	~220VAC	3,2	0,8
Гр.15	Побут. розетки	~220VAC	3,6	0,8
Гр.16	Побут. розетки	~220VAC	3,2	0,8
Гр.17	Побут. розетки	~220VAC	3,2	0,8
Гр.18	Побут. розетки	~220VAC	3,2	0,8
Гр.19	Побут. розетки	~220VAC	3,2	0,8
Гр.20	Побут. розетки	~220VAC	2,4	0,8
Гр.21	Кондиціонер К1	~220VAC	2,2	0,8
Гр.22	Кондиціонер К2	~220VAC	2,7	0,8
Гр.23	Кондиціонер К3	~220VAC	1,8	0,8
Гр.24	Кондиціонер К4	~220VAC	2,2	0,8
Гр.25	Кондиціонер К5	~220VAC	2,2	0,8
Гр.26	Кондиціонер К6	~220VAC	1,8	0,8
Гр.27	Кондиціонер К7	~220VAC	5,2	0,8
Гр.28	Вентилятор В1	~220VAC	0,27	0,74
Гр.29	Вентилятор В2	~220VAC	0,34	0,74

Розподіл електричної енергії передбачається від проектного поверхового розподільчого щита ЩРП2, що встановлюється у приміщенні №19.

## 2. Розрахунок електричних навантажень

Фактичне значення розрахункового навантаження залежно від кількості ЕП у групі та їх режиму роботи перевищує середнє, якщо розглядаються лише ЕП, або буде нижчим від середнього, якщо враховується ймовірність одночасної роботи всього технологічного устаткування, тобто залежить від рівня в СЕП, на якому визначається навантаження. Тому величину середнього навантаження за максимально завантаженою зміну використовують для визначення розрахункового навантаження.

Піковий струм - це максимальний короткочасний струм тривалістю в кілька секунд. Піковим струмом для одного ЕП є пусковий струм ( $I_{\text{пуск}}$ ), який виникає при вмиканні одного ЕД.

Для групи ЕП піковий струм ( $I_{\text{пik}}$ ) визначається з урахуванням ЕД з найбільшим пусковим струмом.

Пусковий та піковий струми необхідні для вибору уставок розчеплювачів автоматів та плавких вставок запобіжників, визначення розмаху зміни напруги для оцінки допустимості коливань напруги та перевірки можливості самозапуску ЕД.

Кожен ЕП характеризується низкою номінальних параметрів, як-то: напруга, частота струму, коефіцієнт потужності, коефіцієнт корисної дії (ККД) та інших, що зазначаються в паспорті ЕП.

Вихідні дані для розрахунку навантажень:

- установлена (номінальна) потужність ЕП;
- номінальна напруга ЕП;
- коефіцієнт потужності ЕП;

					<i>MP 5.8.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- режим роботи ЕП (тривалий, ТВ для ЕП повторно-короткотривалого режиму, короткочасний);
- коефіцієнт використання активної потужності;
- фазність ЕП (трифазний або однофазний);
- спосіб приєднання однофазного ЕП (на фазну або лінійну напругу).

Установлена (номінальна) потужність ЕП для ЕД тривалого режиму роботи та всіх видів нагрівальних ЕП - приймається рівною паспортній потужності:

$$P_n = P_{пасп} \quad (2.1)$$

де  $P_{пасп}$  - номінальна потужність на валу ЕД, кВт;

- для ЕД повторно-короткочасного режиму роботи - паспортній потужності (кВт), приведений до відносної  $TB = 1$ ,

$$P_n = P_{пасп} \cdot \sqrt{TB_{П}}, \quad (2.2)$$

де  $TB_{П}$  — паспортна тривалість вмикання, в.о;

- для зварювальних трансформаторів:

$$S_n = S_{пасп} \cdot \sqrt{PB_{П}}, \quad (2.3)$$

$$P_n = S_{пасп} \cdot \sqrt{PB_{П}} \cdot \cos \phi_{пасп}, \quad (2.4)$$

де  $\cos \phi_{пасп}$  - паспортне значення коефіцієнта потужності;

- для кранів номінальні активна та реактивна потужності визначаються як для одного ЕП з сумарною номінальною потужністю:

$$P_n = \sum_{i=1}^n P_{n.i}, \quad (2.5)$$

$$Q_n = \sum_{i=1}^n Q_{n.i} = \sum_{i=1}^n P_{n.i} \operatorname{tg} \phi_i, \quad (2.6)$$

де  $n$  - кількість ЕД крана;

$P_{n.i}$  - номінальна активна потужність  $i$ -го ЕП;

$\operatorname{tg} \phi_i$  - відповідає значенню коефіцієнта потужності  $\cos \phi_i$   $i$ -го ЕП.

Рівні визначення розрахункових навантажень наведені на рисунку 2.1.

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

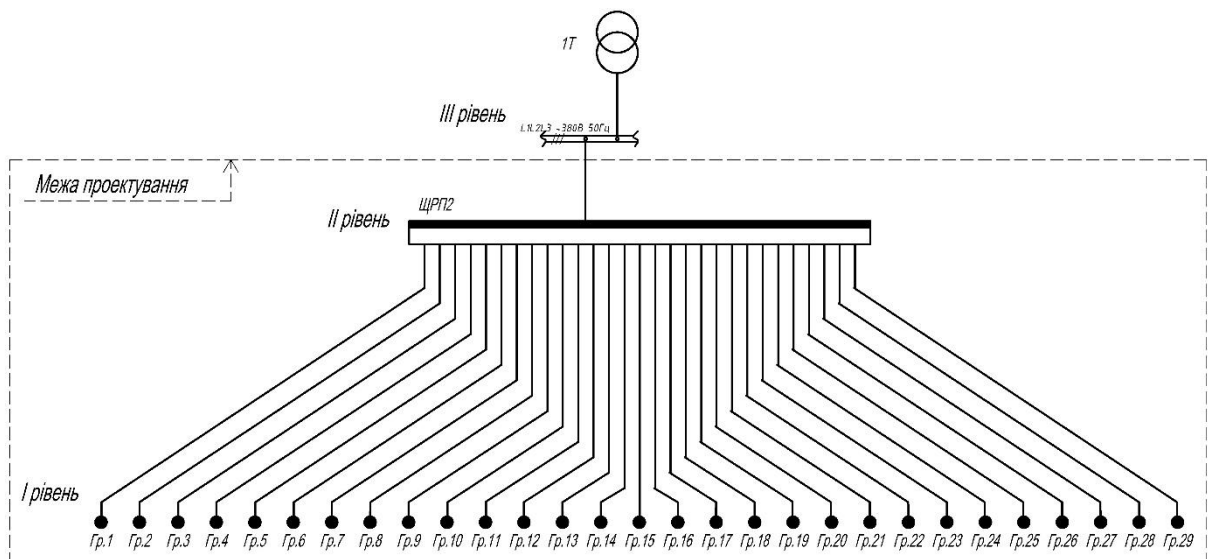


Рисунок 2.1 – Рівні визначення розрахункових навантажень

Перший рівень електропостачання - це електричні мережі напругою до 1 кВ, які приєднують окремі ЕП до ПРЕ (шинопроводу, ЩС або силової збірки).

Другий рівень електропостачання - це електричні мережі напругою до 1 кВ, які приєднують ЩС, силові пункти та збірки, ШРА до збірних шин НН ЦТП або до ШМА.

Третій рівень — це збірні шини НН трансформаторних підстанцій та ШМА.

Обчислення розрахункових навантажень на другому та третьому рівнях електропостачання здійснюється методом розрахункових коефіцієнтів. Цей метод належить до основних методів розрахунку електричних навантажень. Він є найбільш точним і рекомендується при визначенні розрахункових навантажень для груп ЕП, коли відомі дані кожного ЕП [2].

## 2.1. Навантаження електричного освітлення

Для розрахунків освітлення приміщень 2-го поверху адміністративної будівлі АТ «Сумиобленерго» використаємо безкоштовне програмне забезпечення DIALux.

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



За допомогою цієї прикладної програми змодельовано освітлення для кожного приміщення поверху.

DIALux – це програма для планування, дизайну та розрахунку освітлення, вона може використовувати дані світильників.

Програма добре підходить для проектування освітлення в промислових приміщеннях та громадських будівлях.

В результаті роботи програми отримуємо фотореалістичний 3D-вид освітлених приміщень та графічне зображення розподілу світла за заданими приміщеннями або територіями.

У програмі використовується вбудована бібліотка 3D об'єктів, якими можна обставити інтер'єр приміщень такими як столи, шафи, стелажі і т.д.

Використовуючи DIALux можна імпортувати (в електронному форматі «dwg») план будівлі та використовувати його як підоснову для моделювання приміщень.

Слід зауважити, що також серед можливостей даної програми, є можливість відображення 3D-виду приміщення у фіктивних кольорах. Відображення у фіктивних кольорах спрощує візуальне сприйняття рівнів освітленості у різних точках приміщення, так як при відображенні у фіктивних кольорах, кожному кольору призначається відповідний рівень освітленості в люксах.

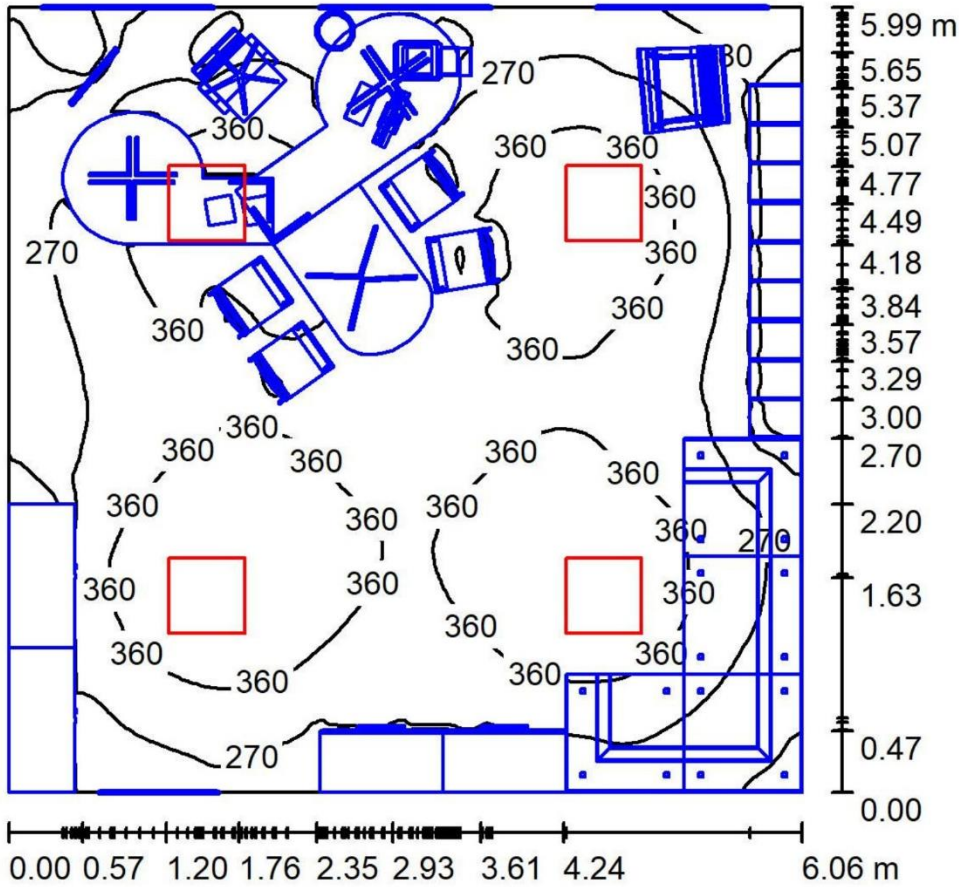
У програмі DIALux є дуже зручний інструмент під назвою «Вивід результатів на один аркуш».

При виконанні цієї команди програма створює «pdf» файл, на якому виводяться основні вихідні та розрахункові дані приміщенню, а також план приміщення з нанесеними ізолюксами, які дають змогу оцінити розподіл освітленості саме на робочих місцях, так середнє значення освітленості програма розраховує по площі всієї робочої площини.

Для прикладу наведем результати для деяких приміщень.

					<i>MP 5.8.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

# Приміщення №6



Висота приміщення: 2.800 m, Монтажна висота : 2.800 m,  
Коефіцієнт експлуатації : 0.80

Значення в Lux

Поверхня	$\rho$ [%]	$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$
Робоча площа	/	307	19	446	0.061
Підлога	36	184	6.27	334	0.034
Стеля	70	68	42	85	0.619
Стіни (8)	50	98	6.15	235	/

### Робоча площа :

Висота : 0.750 m  
Растр: 128 x 128 Точки  
Крайова зона: 0.000 m

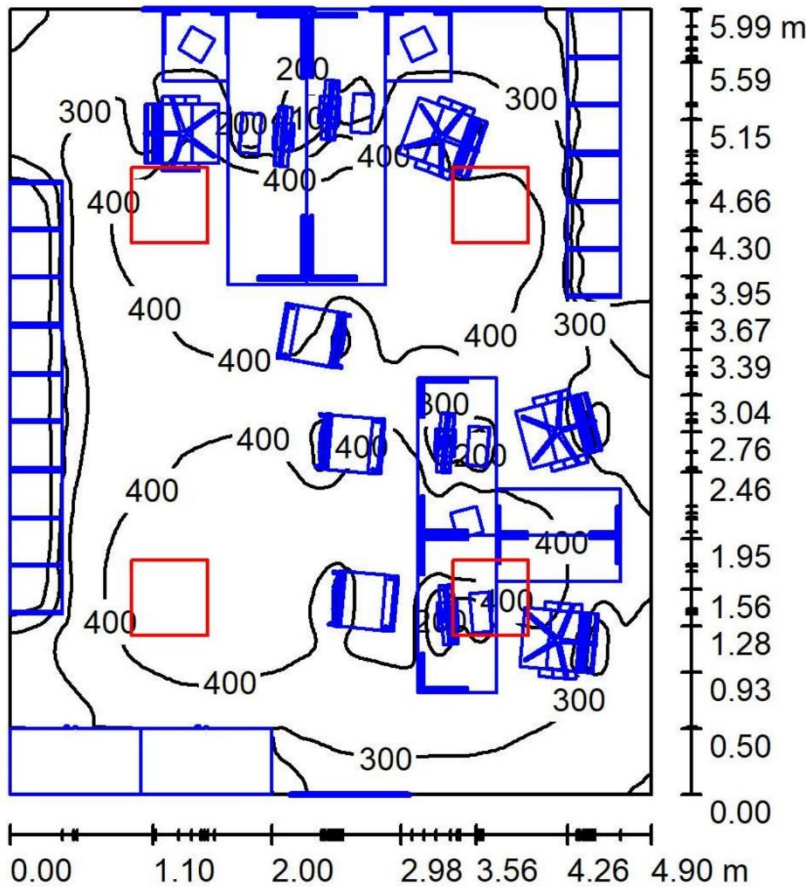
### Відомість світильників

№	Шт.	Позначення (Поправочний коефіцієнт)	$\Phi$ (Світильник) [lm]	$\Phi$ (Лампи) [lm]	P [W]
1	4	ТОВ "ОСП Корпорація Ватра ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2 (1.000)	4290	4290	33.0
			Всього: 17161	Всього: 17160	132.0

Питома приєднана потужність :  $3.64 \text{ W/m}^2 = 1.19 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Поверхня основи :  $36.30 \text{ m}^2$ )

Рисунок 2.2 – Результати DIALux для приміщення №6

# Приміщення №7



Висота приміщення : 2.800 m, Монтажна висота : 2.800 m,  
Коефіцієнт експлуатації : 0.80

Значення в Lux

Поверхня	$\rho$ [%]	$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$
Робоча площа	/	323	14	476	0.045
Підлога	36	179	11	359	0.060
Стеля	70	72	50	90	0.695
Стіни (8)	50	107	6.39	345	/

### Робоча площа :

Висота : 0.750 m  
Растр: 128 x 128 Точки  
Крайова зона: 0.000 m

### Відомість світильників

№	Шт.	Позначення (Поправочний коефіцієнт)	$\Phi$ (Світильник) [lm]	$\Phi$ (Лампи) [lm]	P [W]
1	4	ТОВ "ОСП Корпорація Ватра ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2 (1.000)	4290	4290	33.0
			Всього: 17161	Всього: 17160	132.0

Питома приєднана потужність : 4.50 W/m<sup>2</sup> = 1.39 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Поверхня основи : 29.33 m<sup>2</sup>)

Рисунок 2.3 – Результати DIALux для приміщення №7

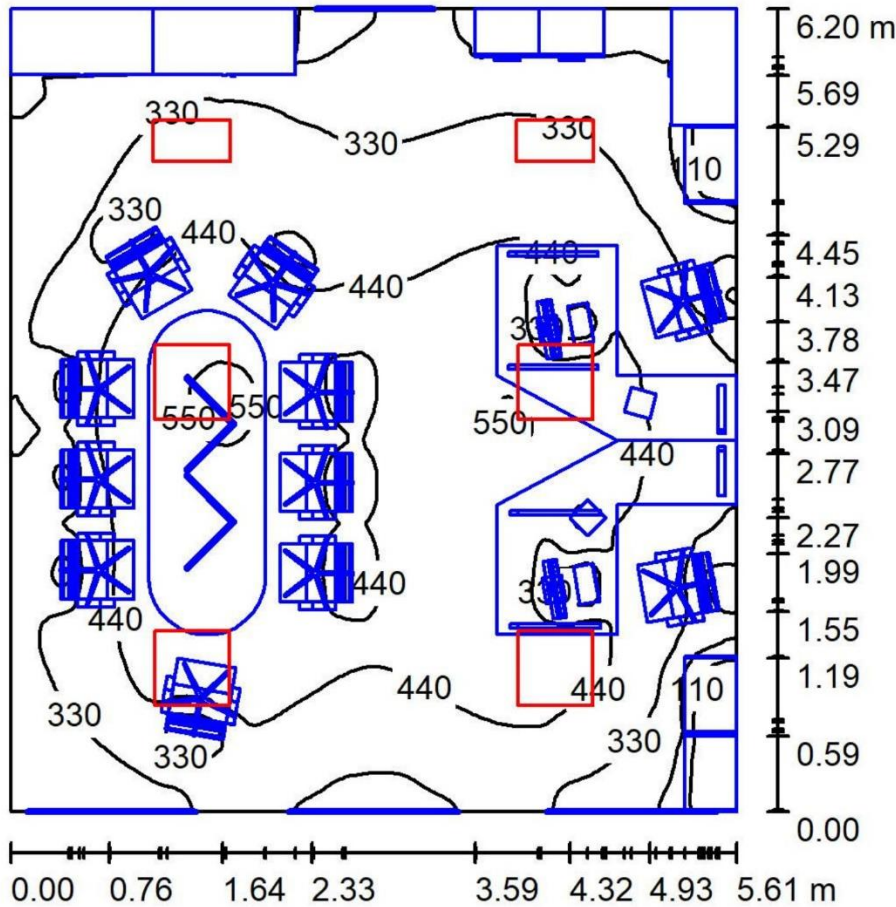
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

MP 5.8.14.1.288 ПЗ

Арк.

18

# Приміщення №17



Висота приміщення: 2.800 m, Монтажна висота : 2.800 m,  
Коефіцієнт експлуатації : 0.80

Значення в Lux

Поверхня	$\rho$ [%]	$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$
Робоча площина	/	390	24	560	0.061
Підлога	36	207	13	427	0.062
Стеля	70	84	49	99	0.577
Стіни (8)	50	136	5.21	376	/

### Робоча площина :

Висота : 0.750 m  
Растр: 128 x 128 Точки  
Крайова зона: 0.000 m

### Відомість світильників

№	Шт.	Позначення (Поправочний коефіцієнт)	$\Phi$ (Світильник) [lm]	$\Phi$ (Лампи) [lm]	P [W]
1	2	ТОВ "ОСП Корпорація Ватра ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2 (1.000)	2080	2080	16.0
2	4	ТОВ "ОСП Корпорація Ватра ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2 (1.000)	4290	4290	33.0
			Всього: 21320	Всього: 21320	164.0

Питома приєднана потужність :  $4.72 \text{ W/m}^2 = 1.21 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Поверхня основи :  $34.78 \text{ m}^2$ )

Рисунок 2.4 – Результати DIALux для приміщення №17

Після проведення всіх необхідних світлотехнічних розрахунків, отримані світильники, у відповідності до координат їх розташування з програми DIALux, позначаються на плані приміщення.

З урахуванням зручності експлуатації та необхідного призначення розташовуються вимикачі керування освітленням зон і розподільчі коробки та проводиться розподілення освітлювальних приладів по групам навантаження та показується прокладання кабелів живлення.

Розрахункові струми групових мереж освітлення будівлі визначається за формулою (2.35)

$$I_{p.Гр5} = \frac{P_{\text{сум}}}{U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi} = \frac{461}{220 \cdot 0,95} = 2,21 \text{ А.}$$

Результати розрахунків наводяться в таблиці 2.1.

Проектом передбачається дві групові мережі розеток: перша – для приєднання комп'ютерної та оргтехніки, друга – для приєднання побутових електроприладів.

Відповідно до проведеного обстеження передбачається навантаження 0,5кВт комп'ютерної техніки на одне робоче місце. Для побутових розеток розрахунком передбачається в середньому 0,4кВт на одну розетку.

## 2.2. Розрахунок силового навантаження на першому рівні

На першому рівні електропостачання навантаження на лінію (провід, кабель) створюється одним ЕП, тому для всіх таких приєднань при відомому фактичному коефіцієнті завантаження  $k_3$  ЕП розрахункові активні та реактивні навантаження першого рівня електропостачання визначаються за формулами:

$$p_{p.1} = k_3 \cdot p_{\text{ном}}, \quad (2.7)$$

$$q_{p.1} = q_{\text{ном}} \cdot \text{tg} \phi, \quad (2.8)$$

$$S_{p.1} = \sqrt{p_{p.1}^2 + q_{p.1}^2}, \quad (2.9)$$

$$I_{p.1} = \frac{S_{p.1}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (2.10)$$

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $tg\phi$  - відповідає паспортному значенню коефіцієнта потужності  $\cos \phi$ , яке характерне для даного ЕП;

$U_{ном}$  - номінальна напруга електричної мережі до 1 кВ.

Якщо фактичний коефіцієнт завантаження  $k_3$  ЕП невідомий, то при проектуванні приймається  $k_3 = 1$ . Таким чином, за розрахункове активне навантаження приймається номінальна потужність ЕП при  $TВ = 1$ .

Номінальний струм ЕД визначається як:

$$I_{ном.д} = \frac{P_{ном.д}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \phi_{ном.д} \cdot \eta_{ном.д}}, \quad (2.11)$$

де  $P_{ном.д}$  - номінальна активна потужність ЕД;

$\cos \phi_{ном.д}$  - номінальний коефіцієнт потужності ЕД;

$\eta_{ном.д}$  - номінальний коефіцієнт корисної дії (ККД) ЕД.

Величини  $\cos \phi_{ном.д}$  і  $\eta_{ном.д}$  приймаються з каталогів заводів-виготовлювачів і довідників.

Доцільно для кожного ЕП обчислити його пусковий струм:

$$I_{пуск} = k_{пуск} \cdot I_{ном.ЕП}, \quad (2.12)$$

де  $k_{пуск}$  - коефіцієнт пуску;

$I_{ном.ЕП}$  - номінальний струм ЕП.

Для конкретних ЕП коефіцієнти пуску приймають за паспортними даними. Якщо вони відсутні, то щодо номінального струму ЕП величина пускового струму приймається:

- 5-кратною для асинхронних двигунів (АД) з короткозамкненим ротором та синхронних двигунів (СД);
- 2,5-кратною для двигунів постійного струму та АД з фазним ротором;
- 3-кратною для зварювальних і пічних трансформаторів, машин контактного зварювання при максимальній вторинній напрузі [2].

Для кондиціонера К7 за формулою (2.7) при прийнятому  $k_6 = 0,5$  розрахункове активне навантаження на першому рівні електропостачання:

					<i>MP 5.8.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$p_{p.1} = p_{ном.д} = 0,5 \cdot 5,2 = 2,6 \text{ кВт.}$$

Для кондиціонера К7 приймається коефіцієнт активної потужності  $\cos \phi = 0,8$ , за формулою (2.8) при прийнятому коефіцієнті реактивної потужності  $\operatorname{tg} \phi = 0,75$ , який відповідає заданому коефіцієнту активної потужності  $\cos \phi = 0,8$ , розрахункове реактивне навантаження на першому рівні електропостачання:

$$q_{p.1} = q_{ном.д} = 2,6 \cdot 0,75 = 1,95 \text{ кВАр.}$$

За формулою (2.9) розрахункове повне навантаження на першому рівні електропостачання:

$$s_{p.1} = \sqrt{p_{p.1}^2 + q_{p.1}^2} = \sqrt{2,6^2 + 1,95^2} = 3,25 \text{ кВА}$$

Потім за формулою (2.11) визначається розрахунковий струм першого рівня електропостачання:

$$I_{p.1} = \frac{3,25}{0,22 \cdot 1} = 14,77 \text{ А.}$$

За неповними вихідними даними, які при проектуванні беруться із завдань технологів (наводиться найменування устаткування та його встановлена потужність), для кондиціонера К7 приймається коефіцієнт пуску  $k_{II} = 5$ .

Визначаємо пусковий струм за формулою (2.12)

$$I_{пуск} = 5 \cdot 14,77 \approx 73,86 \text{ А.}$$

Отримані за формулами (2.7) - (2.12) результати розрахунків для кондиціонера К7, а також для інших ЕП, включаючи групові навантаження, зведено в таблицю 2.1.

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 2.1 - Розрахункове силове навантаження на першому рівні

№ за планом	Найменування ЕП	Напруга живлення, В	$P_{ном}$ , кВт	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$P_{р.1}$ , кВт	$Q_{р.1}$ , квар	$S_{р.1}$ , кВА	$I_{р.1}$ , А	Іпуск, А	К-т використ Кв
Гр.1	Освітлення	~220VAC	0,344	0,95	0,33	0,344	0,11	0,36	1,65	8,23	1
Гр.2	Освітлення	~220VAC	0,344	0,95	0,33	0,344	0,11	0,36	1,65	8,23	1
Гр.3	Освітлення	~220VAC	0,16	0,95	0,33	0,16	0,05	0,17	0,77	3,83	1
Гр.4	Освітлення	~220VAC	0,396	0,95	0,33	0,396	0,13	0,42	1,89	9,47	1
Гр.5	Освітлення	~220VAC	0,461	0,95	0,33	0,461	0,15	0,49	2,21	11,03	1
Гр.6	Комп. розетки	~220VAC	3	0,8	0,75	2,25	1,69	2,81	12,78	63,92	0,75
Гр.7	Комп. розетки	~220VAC	3	0,8	0,75	2,25	1,69	2,81	12,78	63,92	0,75
Гр.8	Комп. розетки	~220VAC	2,25	0,8	0,75	1,688	1,27	2,11	9,59	47,94	0,75
Гр.9	Комп. розетки	~220VAC	4	0,8	0,75	3	2,25	3,75	17,05	85,23	0,75
Гр.10	Комп. розетки	~220VAC	4	0,8	0,75	3	2,25	3,75	17,05	85,23	0,75
Гр.11	Комп. розетки	~220VAC	3	0,8	0,75	2,25	1,69	2,81	12,78	63,92	0,75
Гр.12	Комп. розетки	~220VAC	3	0,8	0,75	2,25	1,69	2,81	12,78	63,92	0,75
Гр.13	Побут. розетки	~220VAC	3	0,8	0,75	1,8	1,35	2,25	10,23	51,14	0,6
Гр.14	Побут. розетки	~220VAC	3,2	0,8	0,75	1,92	1,44	2,40	10,91	54,55	0,6
Гр.15	Побут. розетки	~220VAC	3,6	0,8	0,75	2,16	1,62	2,70	12,27	61,36	0,6
Гр.16	Побут. розетки	~220VAC	3,2	0,8	0,75	1,92	1,44	2,40	10,91	54,55	0,6
Гр.17	Побут. розетки	~220VAC	3,2	0,8	0,75	1,92	1,44	2,40	10,91	54,55	0,6
Гр.18	Побут. розетки	~220VAC	3,2	0,8	0,75	1,92	1,44	2,40	10,91	54,55	0,6
Гр.19	Побут. розетки	~220VAC	3,2	0,8	0,75	1,92	1,44	2,40	10,91	54,55	0,6
Гр.20	Побут. розетки	~220VAC	2,4	0,8	0,75	1,44	1,08	1,80	8,18	40,91	0,6
Гр.21	Кондиціонер К1	~220VAC	2,2	0,8	0,75	1,1	0,83	1,38	6,25	31,25	0,5
Гр.22	Кондиціонер К2	~220VAC	2,7	0,8	0,75	1,35	1,01	1,69	7,67	38,35	0,5
Гр.23	Кондиціонер К3	~220VAC	1,8	0,8	0,75	0,9	0,68	1,13	5,11	25,57	0,5
Гр.24	Кондиціонер К4	~220VAC	2,2	0,8	0,75	1,1	0,83	1,38	6,25	31,25	0,5
Гр.25	Кондиціонер К5	~220VAC	2,2	0,8	0,75	1,1	0,83	1,38	6,25	31,25	0,5
Гр.26	Кондиціонер К6	~220VAC	1,8	0,8	0,75	0,9	0,68	1,13	5,11	25,57	0,5
Гр.27	Кондиціонер К7	~220VAC	5,2	0,8	0,75	2,6	1,95	3,25	14,77	73,86	0,5
Гр.28	Вентилятор В1	~220VAC	0,27	0,74	0,91	0,135	0,123	0,18	0,83	4,15	0,5
Гр.29	Вентилятор В2	~220VAC	0,34	0,74	0,91	0,17	0,155	0,23	1,04	5,22	0,5

### 2.3. Розрахунок силового навантаження на другому рівні

На другому рівні електропостачання навантаження на живильну лінію створюється групою ЕП, які приєднані до ШР. Оскільки одночасно з максимальним навантаженням усі ЕП не працюють, то результуюче навантаження завжди менше від суми їх номінальних потужностей і буде більшим від середнього навантаження за максимально завантажену зміну (за малої кількості ЕП) або дорівнювати йому (за значної кількості ЕП), що характеризується коефіцієнтами розрахункових активних навантажень  $K_{ра}$  і розрахункових реактивних навантажень  $K_{рр}$ .

						MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			23



Коефіцієнт розрахункових активних навантажень  $K_{pa}$  залежить від ефективного числа ЕП  $n_e$ , середньозваженого коефіцієнта використання активної потужності  $K_{в.св}$  та сталої часу нагрівання мережі  $T_o$ , яка на другому рівні електропостачання приймається  $T_o = 10$  хв (розрахунковий інтервал часу  $3T_o = 30$ хв).

Ефективне число ЕП  $n_e$  - це така умовна кількість однорідних за режимом роботи ЕП однакової потужності, яка обумовлює те саме значення розрахункового навантаження, як і група ЕП різних за режимом роботи та потужністю. Величина ефективного числа ЕП  $n_e$  визначається так:

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n p_{ном.i})^2}{\sum_{i=1}^n p_{ном.i}^2}, \quad (2.13)$$

де  $n$  - кількість працюючих ЕП в групі;

$p_{ном.i}$  - номінальна активна потужність  $i$ -го ЕП при  $TB = 1$ .

Знайдені за формулою (2.13) значення  $n_e$  округляються до найближчого меншого цілого числа.

Число ефективних ЕП  $n_e$  приймається рівним дійсному числу ЕП  $n$ , якщо відношення потужностей найбільшого до найменшого ЕП групи не перевищує 3 ( $p_{ном. макс} / p_{ном. мин} \leq 3$ ).

Для груп різних ЕП різної потужності та різного режиму роботи середньозважений коефіцієнт використання активної потужності:

$$K_{в.св} = \frac{\sum_{i=1}^k P_{см.i}}{\sum_{i=1}^k P_{ном.i}}, \quad (2.14)$$

де  $k$  — кількість характерних груп ЕП;

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

$P_{ном.i}$  - групова номінальна активна потужність  $i$ -ї групи ЕП, яка визначається за формулою (2.5).

Групове середнє активне навантаження за максимально завантаженою зміну  $i$ -ї групи ЕП визначається за формулою:

$$P_{см.i} = \sum_{i=1}^n k_{в.i} \cdot p_{ном.i}, \quad (2.15)$$

									Арк.
									24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

де  $n$  - кількість ЕП в групі;

$k_{\epsilon,i}$  - коефіцієнт використання активної потужності  $i$ -го ЕП;

$p_{ном,i}$  - номінальна активна потужність  $i$ -го ЕП при  $TВ = 1$ .

Коефіцієнти використання активної потужності  $k_B$  наводяться у відповідній технічній та довідковій літературі. Якщо в довідкових матеріалах наведені інтервальні значення  $k_B$ , то для розрахунку приймають його найбільше значення.

Числові значення коефіцієнтів розрахункових активних навантажень  $K_{p,a}$  на другому рівні електропостачання наводяться у відповідній технічній та довідковій літературі [2].

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

$$P_{p,2} = K_{p,a} \cdot \sum_{i=1}^n k_{\epsilon,i} \cdot p_{ном,i} = K_{p,a} \cdot \sum_{i=1}^n p_{см,i}, \quad (2.16)$$

$$Q_{p,2} = K_{p,p} \cdot \sum_{i=1}^n k_{\epsilon,i} \cdot p_{ном,i} \cdot tg\phi_{ном,i} = K_{p,p} \cdot \sum_{i=1}^n q_{см,i}, \quad (2.17)$$

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

$tg\phi_{ном,i}$  - відповідає номінальному значенню коефіцієнта потужності  $cos\phi_{ном,i}$ , яке характерне для даного виду ЕП.

У формулі (2.17) коефіцієнт розрахункових реактивних навантажень  $K_{p,p}$  при числі ефективних ЕП  $n_e < 10$  приймається  $K_{p,p} = 1,1$ , а при  $n_e > 10$  приймається  $K_{p,p} = 1$ .

У випадках, коли розрахункове активне навантаження групи ЕП  $P_{p,2}$  менше за номінальну потужність найбільш потужного ЕП групи, слід приймати  $P_{p,2} = p_{ном,макс}$ .

Якщо до вузла приєднано до трьох ЕП включно, то розрахункове навантаження приймається рівним сумі їх номінальних потужностей:

$$P_{p,2} = \sum_{i=1}^n p_{ном,i}, \quad (2.18)$$

$$Q_{p,2} = \sum_{i=1}^n q_{ном,i}, \quad (2.19)$$

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $n = 1-3$ .

Розрахункове силове повне навантаження на другому рівні електропостачання визначається так:

$$S_{p.2} = \sqrt{P_{p.2}^2 + Q_{p.2}^2}, \quad (2.20)$$

При цьому розрахунковий струм:

$$I_{p.2} = \frac{S_{p.2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (2.21)$$

В розрахунок струмів однофазного короткого замикання та втрат напруги в мережах від ШР прийнята повна довжина кожної групи.

### **Визначення розрахункового навантаження для поверхового розподільчого щита ЩРП2**

Від ЩРП2 живляться одиночні та групові споживачі, загальною кількістю 29 приєднань.

Сумарна активна номінальна потужність для всіх ЕП визначається за формулою (2.5).

$$P_{ном.н. \Sigma 1} = 0,344 + 0,344 + 0,16 + 0,396 + 0,461 + 3 + 3 + 2,25 + 4 + 4 + \\ + 3 + 3 + 3 + 3,2 + 3,6 + 3,2 + 3,2 + 3,2 + 3,2 + 2,4 + 2,2 + 2,7 + 1,8 + \\ + 2,2 + 2,7 + 1,8 + 5,2 + 0,27 + 0,34 = 67,665 \text{ кВт}.$$

Для кондиціонера К7, при даному технологічному рішенні приймається середнє значення коефіцієнта використання активної потужності  $k_e = 0,5$ , для освітлення -  $k_e = 1$ , для мережі комп'ютерних розеток -  $k_e = 0,75$ , для мережі побутових розеток -  $k_e = 0,6$  Середньозмінне активне навантаження за формулою (2.15) дорівнює:

$$P_{см.н} = 1 \cdot (0,344 + 0,344 + 0,16 + 0,396 + 0,461) + \\ + 0,75 \cdot (3 + 3 + 2,25 + 4 + 4 + 3 + 3) + 0,6 \cdot (3 + 3,2 + 3,6 + 3,2 + 3,2 + \\ + 3,2 + 2,4) + 0,5 \cdot (2,2 + 2,7 + 1,8 + 2,2 + 2,7 + 1,8 + 5,2 + 0,27 + 0,34) = \\ = 42,75 \text{ кВт}.$$

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для поверхового розподільчого щита ШРП2 при середньому  $\cos \phi = 0,82$ , якому відповідає  $\operatorname{tg} \phi = 0,7$  середньозмінне реактивне навантаження:

$$Q_{\text{см.н}} = 42,75 \cdot 0,7 \approx 31,39 \text{ кВАр.}$$

Величина ефективного числа ЕП ЩС1 визначається за формулою (2.13)

$$n_e = (0,344 + 0,344 + 0,16 + 0,396 + 0,461 + 3 + 3 + 2,25 + 4 + 4 + 3 + 3 + 3 + 3,2 + 3,6 + 3,2 + 3,2 + 3,2 + 3,2 + 2,4 + 2,2 + 2,7 + 1,8 + 2,2 + 2,7 + 1,8 + 5,2 + 0,27 + 0,34)^2 / (0,344^2 + 0,344^2 + 0,16^2 + 0,396^2 + 0,461^2 + 3^2 + 3^2 + 2,25^2 + 4^2 + 4^2 + 3^2 + 3^2 + 3^2 + 3,2^2 + 3,6^2 + 3,2^2 + 3,2^2 + 3,2^2 + 2,4^2 + 2,2^2 + 2,7^2 + 1,8^2 + 2,2^2 + 2,7^2 + 1,8^2 + 5,2^2 + 0,27^2 + 0,34^2) \approx 63.$$

Середньозважений коефіцієнт використання активної потужності для ШР визначається за формулою (2.14)

$$K_{\text{в.св}} = \frac{42,75}{67,665} = 0,63.$$

З таблиці джерела [2] при  $n_e = 63$  шт. і  $K_{\text{в.св}} = 0,63$  коефіцієнт розрахункового активного навантаження  $K_{\text{р.а}} = 1$ .

Розрахункове силове активне навантаження по ЩРП2 визначається за формулою (2.16)

$$P_{\text{р.2}} = 1 \cdot 42,75 = 42,75 \text{ кВт.}$$

Розрахункове силове реактивне навантаження по ШР визначається за формулою (2.17)

$$Q_{\text{р.2}} = 1 \cdot 31,39 = 31,39 \text{ кВАр.}$$

Розрахункове силове повне навантаження по ЩС1 визначається за формулою (2.20)

$$S_{\text{р.2}} = \sqrt{42,75^2 + 31,39^2} = 53,035 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм по поверховому розподільчому щиту ЩРП2 визначається за формулою (2.21)

$$I_{\text{р.2}} = \frac{53,035}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 80,58 \text{ А.}$$

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

## Результати розрахунків наводяться в таблиці 2.2.

### Таблиця 2.2 – Розрахунок електричних навантажень.

Найменування вузла, номер ЕП	Найменування ЕП	Номинальна потужність, кВт		К-т використання Кв	Коефіцієнти потужності		K <sub>врн</sub>	K <sub>прпг</sub> j	Ефективна кількість ЕП, n <sub>е</sub>	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм, А	Пусковий струм, А	Приєднано до фаз
		одного	загальна		cos φ	tan φ				Активна, кВт	Реактивна, кВАр	Повна, кВА			
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18
Гр.1	Освітлення		0,344	1	0,95	0,33	0,34	0,11	13	0,344	0,113	0,362	1,65	8,23	фаза А
Гр.2	Освітлення		0,344	1	0,95	0,33	0,34	0,11	13	0,344	0,113	0,362	1,65	8,23	фаза В
Гр.3	Освітлення		0,16	1	0,95	0,33	0,16	0,05	10	0,160	0,053	0,168	0,77	3,83	фаза С
Гр.4	Освітлення		0,396	1	0,95	0,33	0,40	0,13	12	0,396	0,130	0,417	1,89	9,47	фаза А
Гр.5	Освітлення		0,461	1	0,95	0,33	0,46	0,15	15	0,461	0,152	0,485	2,21	11,03	фаза В
Гр.6	Комп. розетки	0,25	3	0,75	0,80	0,75	3,00	2,25	12	2,250	1,688	2,813	12,78	63,92	фаза С
Гр.7	Комп. розетки	0,25	3	0,75	0,80	0,75	3,00	2,25	12	2,250	1,688	2,813	12,78	63,92	фаза А
Гр.8	Комп. розетки	0,25	2,25	0,75	0,80	0,75	2,25	1,69	9	1,688	1,266	2,109	9,59	47,94	фаза В
Гр.9	Комп. розетки	0,25	4	0,75	0,80	0,75	4,00	3,00	16	3,000	2,250	3,750	17,05	85,23	фаза С
Гр.10	Комп. розетки	0,25	4	0,75	0,80	0,75	4,00	3,00	16	3,000	2,250	3,750	17,05	85,23	фаза А
Гр.11	Комп. розетки	0,25	3	0,75	0,80	0,75	3,00	2,25	12	2,250	1,688	2,813	12,78	63,92	фаза В
Гр.12	Комп. розетки	0,25	3	0,75	0,80	0,75	3,00	2,25	12	2,250	1,688	2,813	12,78	63,92	фаза С
Гр.13	Побуг. розетки	0,75	3	0,6	0,80	0,75	3,00	2,25	4	1,800	1,350	2,250	10,23	51,14	фаза А
Гр.14	Побуг. розетки	0,4	3,2	0,6	0,80	0,75	3,20	2,40	8	1,920	1,440	2,400	10,91	54,55	фаза В
Гр.15	Побуг. розетки	0,4	3,6	0,6	0,80	0,75	3,60	2,70	9	2,160	1,620	2,700	12,27	61,36	фаза С
Гр.16	Побуг. розетки	0,4	3,2	0,6	0,80	0,75	3,20	2,40	8	1,920	1,440	2,400	10,91	54,55	фаза А
Гр.17	Побуг. розетки	0,4	3,2	0,6	0,80	0,75	3,20	2,40	8	1,920	1,440	2,400	10,91	54,55	фаза В
Гр.18	Побуг. розетки	0,4	3,2	0,6	0,80	0,75	3,20	2,40	8	1,920	1,440	2,400	10,91	54,55	фаза С
Гр.19	Побуг. розетки	0,4	3,2	0,6	0,80	0,75	3,20	2,40	8	1,920	1,440	2,400	10,91	54,55	фаза А
Гр.20	Побуг. розетки	0,4	2,4	0,6	0,80	0,75	2,40	1,80	6	1,440	1,080	1,800	8,18	40,91	фаза В
Гр.21	Кондиціонер К1	2,2	2,2	0,5	0,80	0,75	2,20	1,65	1	1,100	0,825	1,375	6,25	31,25	фаза С
Гр.22	Кондиціонер К2	2,7	2,7	0,5	0,80	0,75	2,70	2,03	1	1,350	1,013	1,688	7,67	38,35	фаза А
Гр.23	Кондиціонер К3	1,8	1,8	0,5	0,80	0,75	1,80	1,35	1	0,900	0,675	1,125	5,11	25,57	фаза В
Гр.24	Кондиціонер К4	2,2	2,2	0,5	0,80	0,75	2,20	1,65	1	1,100	0,825	1,375	6,25	31,25	фаза С
Гр.25	Кондиціонер К5	2,2	2,2	0,5	0,80	0,75	2,20	1,65	1	1,100	0,825	1,375	6,25	31,25	фаза А
Гр.26	Кондиціонер К6	1,8	1,8	0,5	0,80	0,75	1,80	1,35	1	0,900	0,675	1,125	5,11	25,57	фаза В
Гр.27	Кондиціонер К7	5,2	5,2	0,5	0,80	0,75	5,20	3,90	1	2,600	1,950	3,250	14,77	73,86	фаза С
Гр.28	Вентилятор В1	0,27	0,27	0,5	0,74	0,91	0,27	0,25	1	0,135	0,123	0,182	0,83	4,15	фаза А
Гр.29	Вентилятор В2	0,34	0,34	0,5	0,74	0,91	0,34	0,31	1	0,170	0,155	0,230	1,04	5,22	фаза В
Всього по ЩРП2			67,665	1			67,67	50,13	63	42,75	31,39	53,035	80,58	139,67	

### 2.4. Розрахунок силового навантаження на третьому рівні

Визначення силових навантажень на III рівні електропостачання в даній роботі не проводиться.

III рівнем електропостачання в даному випадку є розподільчий пристрій існуючої КТП 6/0,4кВ, при цьому ми не володіємо наявними і достовірними даними стосовно навантажень, які підключені до збірних шин. Наявні дані лише про існуючий автоматичний вимикач I<sub>ном</sub>=125А в РУ-0,4кВ КТП та

існуючу кабельну лінію від вказаного вимикача до ввідного автоматичного вимикача в проєктованому поверховому розподільчому щиті ЩРП2.

Існуюча КЛ-0,4кВ виконана кабелем типу ВВГнгд-5х25 загальною довжиною 28м, що прокладена в існуючих кабельному каналі між поверхами та по існуючим кабельним конструкціям в підвальних приміщеннях адміністративної будівлі до приміщення існуючої Електрощитової.

## 2.5. Розрахунок пікових струмів

Піковий струм групи ЕП напругою до 1 кВ визначається як [2]

$$I_{\text{пik}} = I_{\text{пуск.макс}} + \sum_1^{n-1} I'_{\text{ном}}, \quad (2.40)$$

де  $I_{\text{пуск.макс}}$  - найбільший з пускових струмів одного ЕД у групі за паспортними даними;

$\sum_1^{n-1} I'_{\text{ном}}$  - сумарний номінальний струм групи ЕП без урахування номінального струму найбільшого за потужністю ЕД.

Піковий струм від групи більше п'яти ЕП напругою до 1 кВ при активно-індуктивному навантаженні з достатньою точністю можна визначити як арифметичну суму найбільшого з пускових струмів ЕД у групі та розрахункового струму всіх ЕП групи без номінального струму ЕД з найбільшим пусковим струмом при  $T_B = 1$  [3]

$$I_{\text{пik}} = I_{\text{пуск.макс}} + (I_{p.2} - k_B \cdot I_{\text{ном.макс}}), \quad (2.41)$$

де  $I_{p.2}$  - розрахунковий струм усіх ЕП групи (розрахунковий струм другого рівня електропостачання);

$k_B$  - коефіцієнт використання ЕД з найбільшим пусковим струмом;

$I_{\text{ном.макс}}$  - номінальний струм ЕД з найбільшим пусковим струмом при  $T_B = 1$ .

Найбільші пускові струми ЕД  $I_{\text{пуск.макс}}$  для даної групи вибираються з таблиці 2.1.

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Піковий струм групи ЕД, які вмикаються одночасно, дорівнює сумі пускових струмів цих ЕД.

Пікова (пускова) потужність визначається так:

$$S_{нік(пуск)} = \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot I_{нік(пуск)}, \quad (2.42)$$

де  $I_{пік}$  - піковий струм, який визначається за формулами (2.40) і (2.41), а пусковий струм  $I_{пуск}$  за формулою (2.12).

Розрахуємо піковий струм лінії до поверхового розподільчого щита ЩРП2 для схеми, яка наведена на рисунку 2.1.

Номінальний струм споживача з найбільшим пусковим струмом (в нашому випадку - посудомийна машина) при  $TВ = 1$  і за відсутності паспортних даних ЕД для кондиціонера К7 визначається за формулою (2.11)

$$I_{ном.макс} = \frac{5,2}{0,22} = 14,77 \text{ А},$$

а його пусковий струм за формулою (2.12)

$$I_{пуск.макс} = 5 \cdot 14,77 = 73,86 \text{ А}.$$

Розрахунковий струм другого рівня електропостачання для ШР  $I_{р.2} = 80,58 \text{ А}$ .

Піковий струм від групи ЕП визначається за формулою (2.41)

$$I_{нік} = 80,58 + (73,86 - 1 \cdot 14,77) = 139,67 \text{ А}.$$

Таблиця 2.3 - Розрахунок пікових струмових навантажень

Назва	Дані найпотужнішого ЕП		Струм розрахунковий $I_{р2}$ , А	Коеф. використання Кв	Піковий струм $I_{пік}$ , А
	Струм $I_{ном}$ , А	пусковий струм $I_{пуск.ма}$			
ЩРП2	14,77	73,86	80,58	1,00	139,67

### 3. Вибір та перевірка КЛ-0,4кВ

У даній роботі вибору та перевірці підлягають перерізи таких провідників:

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- перевірка існуючої лінії живлення від РУ-0,4кВ існуючої КТП до поверхового розподільчого щита ЩРП2;

- вибір та перевірка проєктованих кабельних ліній розподільної мережі від ШР до одиночних та групових споживачів.

Вибір перерізу провідників, як і параметрів інших елементів силової мережі, має відповідати їх роботі в нормальному, форсованому (перевантаження) і аварійному (КЗ) режимах системи електропостачання.

Вибір перерізу провідників у загальному випадку визначається за економічною густиною струму, нагріванням, втратами й відхиленнями напруги, електродинамічною стійкістю й механічною міцністю (природно, що ізоляція провідників має відповідати класу напруги).

У режимі максимального навантаження кабелів допустимий для даного кабелю струм з урахуванням умови прокладки та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов  $I_{доп}$  та коефіцієнтів допустимого перевантаження  $K_{пер}$ , які наводяться в таблицях 1.3.1 і 1.3.2 Правил улаштування електроустановок, порівнюють зі струмом його форсованого режиму  $I_{\phi}$  з урахуванням коефіцієнта резервування  $K_{рез}$ :

$$K_{пер} \cdot I'_{доп} \geq I_{\phi} = K_{рез} \cdot I_{норм}, A, \quad (4.3)$$

При проектуванні не задається графік навантаження ЕП, тому ми приймаємо коефіцієнт допустимого перевантаження  $K_{пер} = 1$ .

Допустимий тривалий струм для кабелів напругою до 1 кВ з урахуванням умов прокладки та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх тривалому характері визначається так:

$$I'_{доп} = K_{сер} \cdot K_{пр} \cdot I_{доп}, A, \quad (4.4)$$

де  $K_{сер}$  - поправочний коефіцієнт на температуру навколишнього середовища, якщо вона відмінна від стандартної (таблиця 1.3.10 ПУЕ);

$K_{пр}$  - поправковий коефіцієнт на кількість кабелів, що лежать поруч у землі (таблиця 1.3.26 ПУЕ);



$I_{доп}$  - допустимий тривалий струм провідника стандартного перерізу для стандартних умов (для однієї окремої лінії; стандартних температур для землі та води  $+15^{\circ}\text{C}$  і  $+25^{\circ}\text{C}$  для повітря) залежно від матеріалу жил, їх ізоляції, способу прокладання, А (таблиці).

Коефіцієнт поправки на температуру навколишнього середовища  $K_{сер}$  можна також обчислити за формулою:

$$K_{сер} = \sqrt{\frac{T_{ж.н} - T_{сер}}{T_{ж.н} - T_{сер.н}}}, \quad (4.5)$$

де  $T_{ж.н} = 70^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{сер.н} = 25^{\circ}\text{C}$  - нормовані тривало допустимі температури жили та середовища відповідно;

$T_{сер}$  - фактична температура навколишнього середовища (у даній роботі приймається  $30^{\circ}\text{C}$ ).

Допустимі температури нагрівання провідників залежать від їх конструкції та режиму (таблиця 4.1).

У разі невиконання умови за формулою (4.3) необхідно прийняти нове значення найближчого більшого стандартного перерізу кабелю, щоб вона виконувалась.

Основною умовою вибору перерізу провідників є величина нагрівання їх електричним струмом у нормальному, форсованому та аварійному режимах. Якщо температура нагрівання перевищить допустиму, то залежно від величини перевищення й тривалості часу елемент може бути пошкоджений, що спричинить порушення нормальної роботи системи, а в гіршому випадку (загорання ізоляції) може призвести до пожежі. Тому для всіх видів провідників та умов їх застосування головним у виборі перерізу є нагрівання, яке визначається двома ефектами теплового впливу: максимально допустимою температурою та тепловим зносом ізоляції для даного режиму й класу ізоляції.

Як критерій допустимості того чи іншого режиму за нагріванням використовують сумарний вплив на строк служби провідника максимальної температури й тривалості зносу ізоляції за розглянутий період. При різких

					<i>MP 5.8.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

піках навантаження більшу небезпеку становить можливість перевищення максимально допустимої температури, якщо графік навантаження рівномірний, більшу вагу має складова теплового зносу ізоляції.

Гранично допустимі температури нагріву кабелів з пластмасовою ізоляцією (відповідно до ДСТУ ІЕС 60502-1:2009) приведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимі значення температури нагріву жил кабелів з пластмасовою і гумовою ізоляцією (ПУЕ табл.1.3.2)

Матеріал ізоляції кабелю	Допустима температура нагріву жил, °С		Максимальна допустима температура нагріву жил, °С	
	тривала	короткочасна в разі перевантаження	у разі струму КЗ	за умови незагоряння у разі КЗ
Полівінілхлоридний пластикат	70	90	160/140 <sup>1)</sup>	350
Полівінілхлоридний пластикат пониженої пожежної небезпеки				
Полімерна композиція, що не містить галогенів				
Зшитий поліетилен <sup>2)</sup>	90	130	250 <sup>4)</sup>	400
Етиленпропіленова гума <sup>3)</sup>	90	130	160	350

<sup>1)</sup> У знаменнику – для кабелів із струмовідними жилами перерізом понад 300 мм<sup>2</sup>.  
<sup>2)</sup> Вимоги застосовують до кабелів напругою до 330 кВ.  
<sup>3)</sup> Для кабелів із гумовою ізоляцією тривала допустима температура нагріву жил становить 65 °С; короткочасна у разі перевантаження – 110 °С; максимально допустима у разі КЗ – 150 °С; за умови незагоряння у разі КЗ – 350 °С.  
<sup>4)</sup> Допустима температура екранів кабелів у разі КЗ становить 350 °С.

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

$$I'_{дон} = K_{сер} \cdot K_{нр} \cdot K_{нопр} \cdot I_{дон}, A, \quad (4.13)$$

де  $K_{нопр} = 0,92$  (коефіцієнт поправки  $K_{нопр}$  вводиться при визначенні  $I_{дон}$  для чотирижильних кабелів з пластмасовою ізоляцією напругою до 1 кВ, якщо допустимі тривалі струми взяті з таблиці 1.3.11 ПУЕ як для трижильних кабелів.

Для кабелю марки ВВГ з полівінілхлоридною ізоляцією з таблиці 4.1 нормована тривало допустима температура жили  $T_{ж.н} = 70$  °С, нормована температура середовища при прокладці в повітрі  $T_{сер.н} = 25$  °С. Тоді за

формулою (4.5) коефіцієнт поправки на температуру навколишнього середовища:

$$K_{сер} = \sqrt{\frac{70-20}{70-25}} = 1,05.$$

З таблиці 1.3.10 Правил улаштування електроустановок коефіцієнт поправки на температуру навколишнього середовища також  $K_{сер} = 1,05$ .

При прокладці кабелю всередині приміщення коефіцієнт поправки  $K_{np} = 1$ .

З таблиці 2.2 розрахунковий струм 2-го рівня електропостачання лінії, яка живить поверховий розподільчий щит ЩРП2,  $I_{p.2} = 80,58$  А.

З таблиці [1] для чотирижильних кабелів зі стандартним перерізом струмопровідної жили  $S_{СТ} = 25$  мм<sup>2</sup> допустимий струм  $I_{доп} = 112$  А. За формулою (4.9)

$$I'_{дон} = 1,05 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 112 = 108,19 \text{ А}$$

Таким чином,  $I'_{дон} = 108,19 \text{ А} \geq I_{p.2} = 80,58 \text{ А}$ .

Умова виконується.

З таблиці 2.2 розрахункове активне навантаження 2-го рівня електропостачання  $P_{p.2} = 42,75$  кВт, розрахункове реактивне навантаження 2-го рівня електропостачання  $Q_{p.2} = 31,39$  кВт.

З таблиці [1] для кабелю з стандартним перерізом струмопровідної жили  $S_{СТ} = 25$  мм<sup>2</sup> приймаються такі питомі опори кабелю:  $r_{п} = 0,74$  мОм/м,  $x_n = 0,0662$  мОм/м. Довжина кабелю  $l_{кб} = 28$  м. Тоді за формулами (4.11) і (4.12) та з урахуванням паралельного підключення кабелів:

$$R_{кб} = 0,74 \cdot 28 = 20,72 \text{ мОм.}$$

$$X_{кб} = 0,0662 \cdot 28 = 1,854 \text{ мОм.}$$

За формулою (4.10)

$$\Delta U_{кб} = \frac{42,75 \cdot 0,02072 + 31,39 \cdot 0,001854}{10 \cdot 0,4^2} = 0,58\%.$$

Оскільки величина втрати напруги в кабелі не перевищує допустимої (5 %), то переріз кабелю вибраний правильно.

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Таким чином, існуючий кабель ВВГнгд-5х25 можливо використати для живлення проектного поверхового розподільчого щита ЩРП2.

Таблиця 4.3 - Перевірка перерізу кабелю мережі живлення

Кабель	$S_{ст}, \text{мм}^2$	$I_{доп}, \text{А}$	$\Gamma_{доп}, \text{А}$	$I_{р.2}, \text{А}$	$\Delta U_{кб}, \%$	Тип кабелю	Довжина, м
Н-ЩРП2	25	112	108,19	80,58	0,59	ВВГнгд-5х25	28

### Розрахунок перерізів кабелів мережі живлення споживачів

#### (на прикладі кабелю живлення кондиціонера К7)

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

$$I'_{доп} = K_{сер} \cdot K_{пр} \cdot K_{попр} \cdot I_{доп}, \text{А}, \quad (4.13)$$

де  $K_{попр} = 0,92$  (коефіцієнт поправки  $K_{попр}$  вводиться при визначенні  $I_{доп}$  для чотирижильних кабелів з пластмасовою ізоляцією напругою до 1 кВ, якщо допустимі тривалі струми взяті з таблиці 1.3.11 ПУЕ як для трижильних кабелів.

Для кабелю марки ВВГ з полівінілхлоридною ізоляцією з таблиці 4.1 нормована тривало допустима температура жили  $T_{ж.н} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ , нормована температура середовища при прокладці в повітрі  $T_{сер.н} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Тоді за формулою (4.5) коефіцієнт поправки на температуру навколишнього середовища:

$$K_{сер} = \sqrt{\frac{70-20}{70-25}} = 1,05.$$

З таблиці 1.3.10 Правил улаштування електроустановок коефіцієнт поправки на температуру навколишнього середовища також  $K_{сер} = 1,05$ .

При прокладці кабелю всередині приміщення цеху коефіцієнт поправки  $K_{пр} = 1$ .

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З таблиці 2.2 розрахунковий струм 1-го рівня електропостачання лінії, яка живить кондиціонер К7,  $I_{p.1} = 14,77A$ .

З таблиці [1] для чотирижильних кабелів зі стандартним перерізом струмопровідної жили  $S_{СТ} = 4 \text{ мм}^2$  допустимий струм  $I_{доп} = 36 \text{ А}$ . За формулою (4.9)

$$I'_{доп} = 1,05 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 36 = 34,78 \text{ А}$$

Таким чином,  $I'_{доп} = 34 \text{ А} \geq I_{p.1} = 14,77 \text{ А}$ .

Умова виконується.

З таблиці 2.2 розрахункове активне навантаження 1-го рівня електропостачання  $P_{p.1} = 2,6 \text{ кВт}$ , розрахункове реактивне навантаження 1-го рівня електропостачання  $Q_{p.1} = 1,95 \text{ кВт}$ .

З таблиці [1] для кабелю з стандартним перерізом струмопровідної жили  $S_{СТ} = 4 \text{ мм}^2$  приймаються такі питомі опори кабелю:  $r_{л} = 4,63 \text{ мОм/м}$ ,  $x_n = 0,095 \text{ мОм/м}$ . Довжина кабелю  $l_{кб} = 26 \text{ м}$ . Тоді за формулами (4.11) і (4.12) та з урахуванням паралельного підключення кабелів:

$$R_{кб} = 4,63 \cdot 26 = 120,38 \text{ мОм.}$$

$$X_{кб} = 0,095 \cdot 26 = 2,47 \text{ мОм.}$$

За формулою (4.10)

$$\Delta U_{кб} = \frac{2,6 \cdot 0,12038 + 1,73 \cdot 0,00247}{10 \cdot 0,4^2} = 0,0289\%.$$

Оскільки величина втрати напруги в кабелі не перевищує допустимої (5 %), то переріз кабелю вибраний правильно.

Таким чином, для живлення кондиціонера К7 вибирається для прокладання кабель ВВГнгд-3х2,5.

Переріз кабелів розподільчої мережі до інших одиночних споживачів проводиться аналогічно. Перевірку за умовами корони, а також на механічну міцність жил кабелів робити не потрібно, бо мінімальний переріз мідної жили для кабелів становить —  $1,5 \text{ мм}^2$ , що відповідає мініимальному перерізу провідника. Враховуючи малі значення навантажень групових мереж, кабелі для їх виконання обираються відповідно до умов механічної міцності – з

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

мідними жилами не менше 1,5 мм<sup>2</sup> – для мережі освітлення та з мідними жилами 2,5 мм<sup>2</sup> – для мереж побутових розеток.

Розрахунок втрат напруги також проводиться аналогічно. Результати розрахунків зведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Вибір перерізу кабелів мережі до електроприймачів

Лінія	Ip, А	I <sub>доп</sub>	I <sub>доп</sub>	S <sub>СТ</sub>	Довжина	R	X	R <sub>каб</sub>	X <sub>каб</sub>	ΔU, %	Марка кабелю	P <sub>ном</sub> , кВт
Гр.1	1,646	20,29	21	1,5	93	12,300	0,1050	1,144	0,010	0,27	ВВГнгд-3х1,5	0,344
Гр.2	1,646	20,29	21	1,5	78	12,300	0,1050	0,959	0,008	0,23	ВВГнгд-3х1,5	0,344
Гр.3	0,766	20,29	21	1,5	86	12,300	0,1050	1,058	0,009	0,25	ВВГнгд-3х1,5	0,160
Гр.4	1,895	20,29	21	1,5	115	12,300	0,1050	1,415	0,012	0,34	ВВГнгд-3х1,5	0,396
Гр.5	2,206	20,29	21	1,5	120	12,300	0,1050	1,476	0,013	0,35	ВВГнгд-3х1,5	0,461
Гр.6	12,784	26,08	27	2,5	42	7,350	0,102	0,309	0,004	0,07	ВВГнгд-3х2,5	3,000
Гр.7	12,784	26,08	27	2,5	40	7,350	0,102	0,294	0,004	0,07	ВВГнгд-3х2,5	3,000
Гр.8	9,588	26,08	27	2,5	39	7,350	0,102	0,287	0,004	0,07	ВВГнгд-3х2,5	2,250
Гр.9	17,045	26,08	27	2,5	58	7,350	0,102	0,426	0,006	0,10	ВВГнгд-3х2,5	4,000
Гр.10	17,045	26,08	27	2,5	44	7,350	0,102	0,323	0,004	0,08	ВВГнгд-3х2,5	4,000
Гр.11	12,784	26,08	27	2,5	40	7,350	0,102	0,294	0,004	0,07	ВВГнгд-3х2,5	3,000
Гр.12	12,784	26,08	27	2,5	44	7,350	0,102	0,323	0,004	0,08	ВВГнгд-3х2,5	3,000
Гр.13	10,227	26,08	27	2,5	28	7,350	0,102	0,206	0,003	0,05	ВВГнгд-3х2,5	3,000
Гр.14	10,909	26,08	27	2,5	72	7,350	0,102	0,529	0,007	0,13	ВВГнгд-3х2,5	3,200
Гр.15	12,273	26,08	27	2,5	84	7,350	0,102	0,617	0,009	0,15	ВВГнгд-3х2,5	3,600
Гр.16	10,909	26,08	27	2,5	42	7,350	0,102	0,309	0,004	0,07	ВВГнгд-3х2,5	3,200
Гр.17	10,909	26,08	27	2,5	74	7,350	0,102	0,544	0,008	0,13	ВВГнгд-3х2,5	3,200
Гр.18	10,909	26,08	27	2,5	70	7,350	0,102	0,515	0,007	0,12	ВВГнгд-3х2,5	3,200
Гр.19	10,909	26,08	27	2,5	64	7,350	0,102	0,470	0,007	0,11	ВВГнгд-3х2,5	3,200
Гр.20	8,182	26,08	27	2,5	57	7,350	0,102	0,419	0,006	0,10	ВВГнгд-3х2,5	2,400
Гр.21	6,250	26,08	27	2,5	27	7,350	0,102	0,198	0,003	0,05	ВВГнгд-3х2,5	2,200
Гр.22	7,670	26,08	27	2,5	19	7,350	0,102	0,140	0,002	0,03	ВВГнгд-3х2,5	2,700
Гр.23	5,114	26,08	27	2,5	26	7,350	0,102	0,191	0,003	0,05	ВВГнгд-3х2,5	1,800
Гр.24	6,250	26,08	27	2,5	29	7,350	0,102	0,213	0,003	0,05	ВВГнгд-3х2,5	2,200
Гр.25	6,250	26,08	27	2,5	21	7,350	0,102	0,154	0,002	0,04	ВВГнгд-3х2,5	2,200
Гр.26	5,114	26,08	27	2,5	17	7,350	0,102	0,125	0,002	0,03	ВВГнгд-3х2,5	1,800
Гр.27	14,773	34,78	36	4	26	4,630	0,095	0,120	0,002	0,0289	ВВГнгд-3х4	5,200
Гр.28	0,829	26,08	27	2,5	25	7,350	0,102	0,184	0,003	0,04	ВВГнгд-3х2,5	0,270
Гр.29	1,044	26,08	27	2,5	24	7,350	0,102	0,176	0,002	0,04	ВВГнгд-3х2,5	0,340

#### 4. Розрахунок струмів короткого замикання

Проектовані елементи СЕП, необхідно перевіряти на здатність витримувати дію термічного й електродинамічного впливу струмів короткого замикання. Якщо величина цього впливу перевищує допустиму, елемент ушкоджується і завдає СЕП збитків. Щоб запобігти цьому, необхідно:

а) визначити величину струмів КЗ;

б) перевірити допустимість цих струмів для вибраних ЕА і струмопровідних частин (якщо струми виявляться більші за допустимі, то потрібно вибрати елемент, що має більшу стійкість або обмежити струми шляхом збільшення індуктивного опору ланцюга);

в) розрахувати захист для селективного вимикання пошкодженої ділянки.

Відповідно до вимог ПУЕ щодо режиму КЗ на стійкість до впливу струмів КЗ в ЕУ 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.

При виборі й перевірці апаратури щодо її стійкості до струмів КЗ розрахунковим вважається максимальний режим, за якого струми КЗ мають максимальні значення.

Для перевірки чутливості розрахункові умови відповідають найменшим значенням струмів КЗ у місці установлення захисту (мінімальний режим роботи живильної енергосистеми, найбільша кількість послідовно ввімкнених елементів між джерелами генерації і точкою КЗ).

Унаслідок цього для цілей вибору параметрів спрацьовування захисту визначають найбільші  $I_{к,макс}$  і для перевірки чутливості найменші  $I_{к,мін}$  значення періодичної складової струму в місці КЗ в елементах мережі, для якої проектується захист. Розрахунок здійснюється для початкового моменту часу.

Таким чином, розрахунковим видом КЗ є:

- при виборі ЕА і провідників за їх стійкістю до дії струмів КЗ - трифазне КЗ;

- при виборі захисту - трьох- і однофазні КЗ [2].

					<i>MP 5.8.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.1. Розрахунок струмів трифазного КЗ

Значення струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ впливають на вибір перерізу проводів і жил кабелів, конструкцію струмопроводів, характеристики комутаційних і захисних апаратів. Тому для забезпечення раціонального проектування електропостачання слід виконати достовірний розрахунок струмів КЗ.

Для вибору апаратури і захистів, перевірки селективності їх дії визначають максимальний струм трифазного металевого КЗ, у цьому випадку перехідні опори дуги не враховують. Для перевірки чутливості захистів знаходять мінімальний струм КЗ; при цьому враховують усі перехідні опори контактів (рубильників, автоматів, уставних контактів, болтових з'єднань) і опір дуги в місці пошкодження шляхом введення в схему заміщення активного опору.

При розрахунках струмів КЗ в ЕУ змінного струму напругою до 1 кВ допускається:

- 1) застосовувати спрощені методи розрахунків, якщо їх погрішність не перевищує 10 %;
- 2) максимально спрощувати та еквівалентувати всю зовнішню мережу щодо місця КЗ, індивідуально враховувати лише автономні джерела та ЕД, які безпосередньо приєднані до місця КЗ;
- 3) не враховувати струми намагнічування трансформаторів;
- 4) не враховувати насичення магнітних систем електричних машин;

До особливостей розрахунку струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ можна віднести таке:

- розрахунки доцільно проводити в іменованих одиницях;
- початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ

можна вважати незмінним  $I_{n(0)} = I_{\kappa}^{(3)}$ ;

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- активні опори елементів ланцюга КЗ мають суттєве значення і можуть навіть перевершувати реактивні.

Методика розрахунку початкового діючого значення періодичної складової струму КЗ залежить від способу електропостачання — від енергосистеми чи від автономного ДЖ.

Розрахунок струмів КЗ починається зі складання розрахункової схеми, схеми заміщення й вибору точок КЗ. При складанні еквівалентних схем заміщення параметри елементів вихідної розрахункової схеми слід приводити до ступеня напруги мережі, на якому знаходиться точка КЗ [2].

Так як відсутні достовірні дані щодо контактів і їх перехідних опорах, то при обчисленні струмів КЗ урахуємо їх умовний сумарний опір у мережах, які живляться від трансформаторів потужністю до 1600 кВА включно:

а) на розподільних пристроях НН трансформаторів ПС  $-R_{к1} = 15$  мОм;

б) на первинних цехових розподільних пунктах (ЩС) і на затискачах ЕА, які живляться радіальними лініями від розподільних пристроїв НН ПС або головних магістралей (ШМА)  $-R_{к2} = 20$  мОм;

в) на вторинних цехових розподільних пунктах і затискачах ЕА, які живляться від первинних розподільних пунктів -  $R_{к3} = 25$  мОм;

г) на затискачах ЕА, установлених безпосередньо у ЕП, які живляться від вторинних розподільних пунктів -  $R_{к4} = 30$  мОм [2].

Алгоритм визначення струмів трифазного короткого замикання

Визначаємо струм трифазного КЗ у початковий момент часу в електричній мережі напругою цеху в точках К1, К2, К3 для схеми на рисунку 5.1.

Вихідні дані для трифазної лінії живлення духової шафи з грилем взяті з попередніх результатів розрахунків і наведені нижче.

Система:  $I_{л(0)} = 8$  кА,  $U_{ном.вн} = 6$  кВ.

Параметри існуючого трансформатора:  $S_{ном.т} = 400$  кВА;  $U_{ном.вн} = 6$  кВ;  $U_{ном.нн} = 0,4$  кВ;  $\Delta P_{кз} = 4,3$  кВт;  $U_k = 4\%$ .

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Існуючий автоматичний вимикач вводу 0,4кВ трансформатора 1QF  
 $I_{ном.а} = 630$  А (в РУ-0,4кВ існуючої КТП);

Існуючий автоматичний вимикач 2QF  
 $I_{ном.а} = 125$  А (в РУ-0,4кВ існуючої КТП);

Автоматичні вимикачі в проектуваному розподільчому щиті ЩРП2:

- Автомат вводу QF:  $I_{ном.а} = 100$  А;
- Автомат лінії до кондиціонера К7 – QF12:  $I_{ном.а} = 32$  А.

Лінії електропередачі:

КЛ-0,4кВ – живлення ЩРП2 – кабель типу ВВГнгд-5х25;  $l_{кл1} = 28$ м;

КЛ-0,22кВ – живлення кондиціонера К7 - ВВГнгд-3х4;  $l_{кл2} = 26$ м;

### Розрахунок.

Базисна напруга ступеня в електричній мережі напругою до 1 кВ

$$U_{\bar{6}} = 1,05 \cdot U_{ном.нн} = 1,05 \cdot 380 = 400В.$$

### Розрахунок параметрів елементів схеми заміщення.

1) Індуктивний опір системи, який приведений до ступеня НН, визначається за формулою:

$$X_C = \frac{U_{ном.серНН}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{к.ВН} \cdot U_{ном.серВН}} = \frac{400^2}{\sqrt{3} \cdot 8000 \cdot 6300} = 0,00183 \text{ мОм}.$$

2) Активний та індуктивний опори прямої послідовності трансформатора, які приведені до ступеня НН, визначаються за формулами:

$$R_T = \frac{P_{к.ном} \cdot U_{ном.НН}^2}{S_{ном.Т}^2} \cdot 10^6 = \frac{4,3 \cdot 0,4^2}{400^2} \cdot 10^6 = 1,73 \text{ мОм};$$

$$X_T = \sqrt{u_{\kappa}^2 - \left( \frac{100 \cdot P_{к.ном}}{S_{ном.Т}} \right)^2} \cdot \frac{U_{ном.НН}^2}{S_{ном.Т}} \cdot 10^4 = \sqrt{4^2 - \left( \frac{100 \cdot 4,3}{400} \right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{400} \cdot 10^4$$
$$= 10,01 \text{ мОм}$$

3) З таблиці Н.1 додатка Н [2]:

- для автомата 1QF (630А) приймається

$$R_{а.1} = 0,398 \text{ мОм}; X_{а.1} = 0,128 \text{ мОм}.$$

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

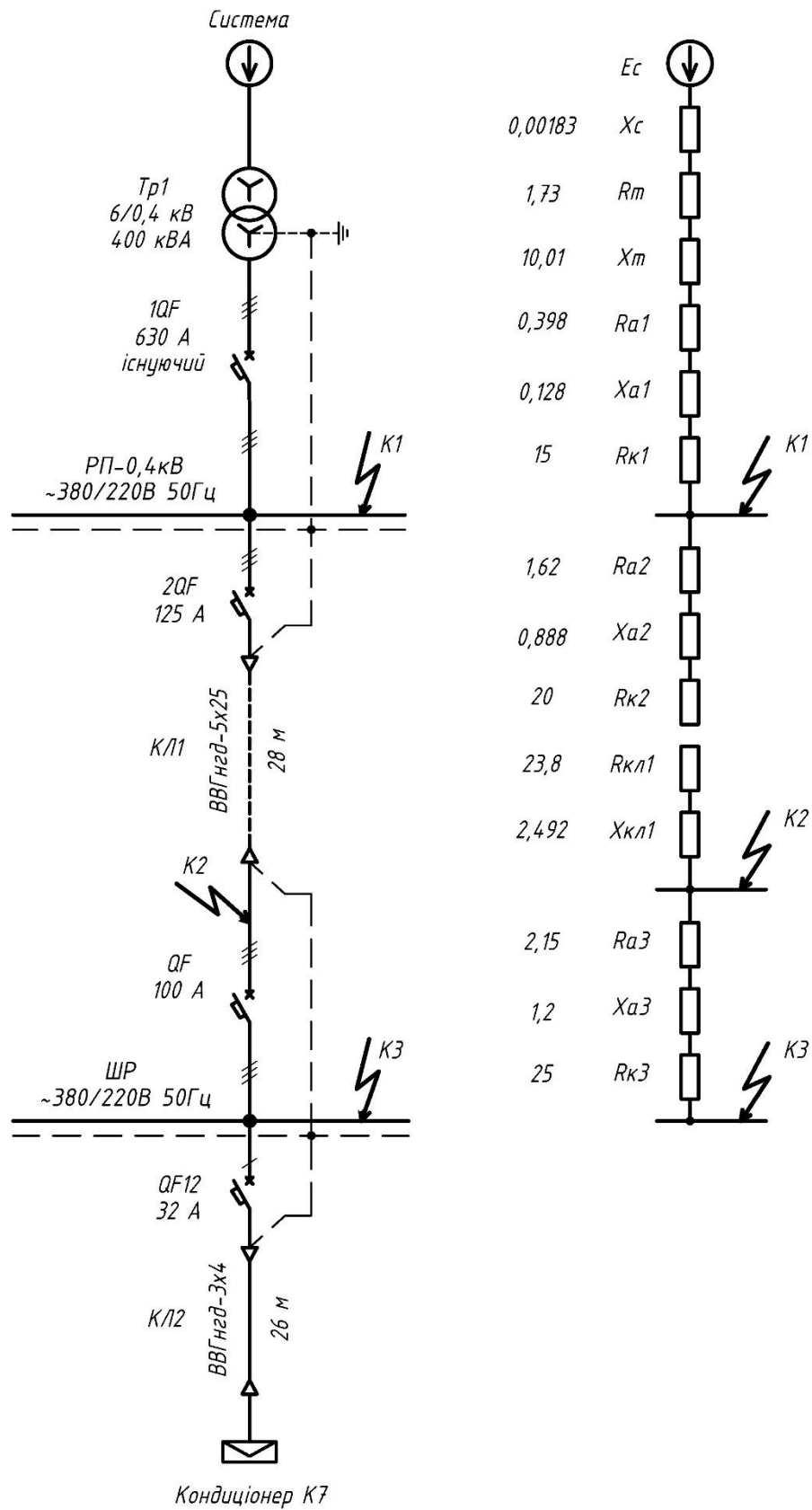


Рисунок 5.1 - Схеми для розрахунку струмів трифазного короткого замикання

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- для автомата 2QF (125А) приймається

$$R_{a.2} = 1,62 \text{ мОм}; X_{a.2} = 0,888 \text{ мОм.}$$

- для автомата QF-ЩРП2 (100А) приймається

$$R_{a.3} = 2,15 \text{ мОм}; X_{a.3} = 1,2 \text{ мОм.}$$

4) з таблиці А.69 [12] для кабельної лінії напругою до 1 кВ марки ВВГнгд-5х25 питомі опори такі:  $r_{\Pi} = 0,85 \text{ мОм/м}$ ;  $x_{\Pi} = 0,089 \text{ мОм/м}$ .

Активний та індуктивний опори кабельної лінії визначаються за формулами (4.11) і (4.12)

$$R_{кл1} = r_{нкл1} \cdot l_{кл1} = 0,85 \cdot 28 = 23,8 \text{ мОм};$$

$$X_{кл1} = x_{нкл1} \cdot l_{кл1} = 0,089 \cdot 28 = 2,492 \text{ мОм.}$$

2 етап: Визначення діючого значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент (початкового надперехідного струму) у різних точках схеми.

1) Визначення струму трифазного КЗ у точці К1. Сумарні опори щодо точки К1 визначаються так:

$$R_{\Sigma K1} = R_T + R_{a1} + R_{к1} = 1,73 + 0,398 + 15 = 17,13 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma K1} = X_C + X_T + X_{a1} = 0,00183 + 10,01 + 0,128 = 10,14 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma K1} = \sqrt{R_{\Sigma K1}^2 + X_{\Sigma K1}^2} = \sqrt{17,13^2 + 10,14^2} = 19,91 \text{ мОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K1(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 19,91} = 11,601 \text{ кА.}$$

2) Визначення струму трифазного КЗ у точці К2. Сумарні опори щодо точки К2 визначаються так:

$$R_{\Sigma K2} = R_{\Sigma K1} + R_{a2} + R_{к2} + R_{кл1} = 17,13 + 1,62 + 20 + 23,8 = 62,55 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma K2} = X_{\Sigma K1} + X_{a2} + X_{кл1} = 10,14 + 0,888 + 2,492 = 13,52 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma K2} = \sqrt{R_{\Sigma K2}^2 + X_{\Sigma K2}^2} = \sqrt{62,55^2 + 13,52^2} = 64 \text{ мОм.}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K2(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 64} = 3,609 \text{ кА.}$$

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) Визначення струму трифазного КЗ у точці КЗ. Сумарні опори щодо точки КЗ визначаються так:

$$R_{\Sigma K3} = R_{\Sigma K2} + R_{a3} + R_{k3} = 62,55 + 2,15 + 25 = 89,7 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma K3} = X_{\Sigma K2} + X_{a3} = 13,52 + 1,2 = 14,72 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma K3} = \sqrt{R_{\Sigma K3}^2 + X_{\Sigma K3}^2} = \sqrt{89,7^2 + 14,72^2} = 90,9 \text{ мОм}.$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K3(0)} = \frac{U_0}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 90,9} = 2,541 \text{ кА}.$$

Результати розрахунку струмів трифазних КЗ у початковий момент часу в розподільчій електричній мережі зведені в таблиці 5.1.

#### 4.2. Розрахунок струмів однофазного КЗ

Однофазні КЗ розраховують для перевірки надійності вимикання лінії в разі пробою ізоляції та появи на корпусі устаткування потенціалу, величина якого небезпечна для життя персоналу.

Якщо потужність живильної енергосистеми значна ( $X_c < 0,1X_T$ ), початкове діюче значення періодичної складової струму однофазного металевого КЗ в електричній мережі напругою до 1 кВ рекомендують визначати за формулою:

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{IT}}, \quad (5.25)$$

де  $U_\phi$ - фазна напруга мережі, В;

$Z_{IT}$ - повний опір петлі «фаза – нуль» від трансформатора до точки КЗ, обмірюваний при іспитах або знайдений із розрахунків, мОм;

$Z_T^{(1)}$ - повний опір знижувального трансформатора струмам однофазного КЗ, значення якого залежно від потужності та схеми з'єднання трансформаторів приймається з таблиці Н.3 додатка Н [2] або визначається як:

$$Z_T^{(1)} = \sqrt{(R_{1T} + R_{2T} + R_{0T})^2 + (X_{1T} + X_{2T} + X_{0T})^2}, \quad (5.26)$$

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

де  $R_{1T}$  і  $X_{1T}$  – активний та індуктивний опори трансформатора струмам прямої послідовності, мОм;

$R_{2T} = R_{1T}$  і  $X_{2T} = X_{1T}$  – те саме зворотної послідовності, мОм;

$R_{0T}$  і  $X_{0T}$  — те саме нульової послідовності, мОм.

Опори трансформатора струмам нульової послідовності значною мірою залежать від схеми з'єднання обмоток трансформатора, тому рекомендується схема «трикутник – зірка з нейтраллю» ( $\Delta/Y_N$ ), у якій порівняно зі схемою «зірка – зірка з нейтраллю» ( $Y/Y_N$ ) струм однофазного КЗ на шинах НН (до 1 кВ) у 3 рази більший, що сприяє надійному спрацьовуванню захисних апаратів (автоматів). Якщо живильна енергосистема має обмежену потужність, то значення  $Z_T^{(1)}$  збільшується з урахуванням опору енергосистеми [2]

$$Z_T^{(1)} = \sqrt{(R_{1T} + R_{2T} + R_{0T} + 2R_C)^2 + (X_{1T} + X_{2T} + X_{0T} + 2X_C)^2} \quad (5.27)$$

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

$$Z_{ПТ} = \sum_{i=1}^n z_{n,пт,i} \cdot l_i, \quad (5.28)$$

де  $z_{n,пт,i}$  – питомий опір петлі «фаза – нуль» кожної наступної ділянки від трансформатора до точки КЗ, мОм/м (величини  $z_{n,пт,i}$  наведені в таблицях Н.6-Н.8 додатка Н [2], у довідкових та інших джерелах);

$l_i$  – довжина  $i$ -ї ділянки, м.

Опори контактів шин, апаратів, ТС не враховуються, бо обчислення за формулою (5.25) дає деякий запас для струму внаслідок арифметичного додавання  $Z_T^{(1)}/3$  і  $Z_{ПТ}$ .

Для більш точного визначення струмів однофазних КЗ, крім опорів трансформатора й зовнішньої живильної мережі, ураховують сумарний активний і індуктивний опори петлі «фаза-нуль», що містять опори шинопроводів, апаратів і перехідних опорів, починаючи від нейтралі знижувального трансформатора, а також опір дуги.

З урахуванням опору мережі понад 1 кВ (опорів трансформатора і живильної мережі  $X_c$  і  $R_c$ ), перехідних активних опорів контактів і опору дуги

					<i>MP 5.8.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

фактичне значення струму однофазного КЗ буде меншим, тому в разі необхідності більш точного визначення струму (наприклад, якщо його величина близька до уставок спрацьовування захисту) за будь-якої потужності живильної енергосистеми користуються формулою

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_\Sigma^{(1)}}{3} + Z_{IT}}. \quad (5.29)$$

Величина  $Z_\Sigma^{(1)}$  з урахуванням перехідних активних опорів контактів  $R_{кп} = 15$  мОм обчислюється як [2]

$$Z_\Sigma^{(1)} = \sqrt{(R_{1T} + R_{2T} + R_{0T} + 2R_C + 3R_{кп})^2 + (X_{1T} + X_{2T} + X_{0T} + 2X_C)^2}. \quad (5.30)$$

Визначаємо струм однофазного КЗ у точках К1, К2, К3 для схеми на рисунку 5.2.

Трансформатор 400кВА 6/0,4кВ, схема з'єднання обмоток трансформатора «зірка – зірка з нейтраллю» (Y/Yn).

Кабельні лінії:

Кабель до шафи ШР: ВВГнгд-5х25  $l_{пл} = 28$ м;

Кабель до кондиціонера К7: ВВГнгд-3х4  $l_{кл} = 26$ м.

### Розрахунок

З таблиці Н.3 додатка Н [2] для трансформатора з номінальною потужністю 400 кВА і схемою з'єднання обмоток трансформатора «зірка – зірка з нейтраллю» (Y/Yn) повний опір струму однофазного КЗ  $Z_T^{(1)} = 195$  мОм. За формулою (5.25) струм однофазного металевого КЗ в точці К1:

$$I_K^{(1)} = \frac{220}{\frac{195}{3}} = 3,385 \text{ кА}.$$

З таблиці 11 «Рекомендації по розрахунку опору петлі «фаза-нуль». Главелектромонтаж. 1986 г.» повні питомі опори  $z_{п.пт}$  ланцюга «фаза – нуль» для кабелів з мідними жилами перерізом 25мм<sup>2</sup>:  $z_{п.пт.кл1} = 1,746$  мОм/м; для кабелів з мідними жилами 4мм<sup>2</sup>:  $z_{п.пт.кл2} = 10,94$  мОм/м;

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

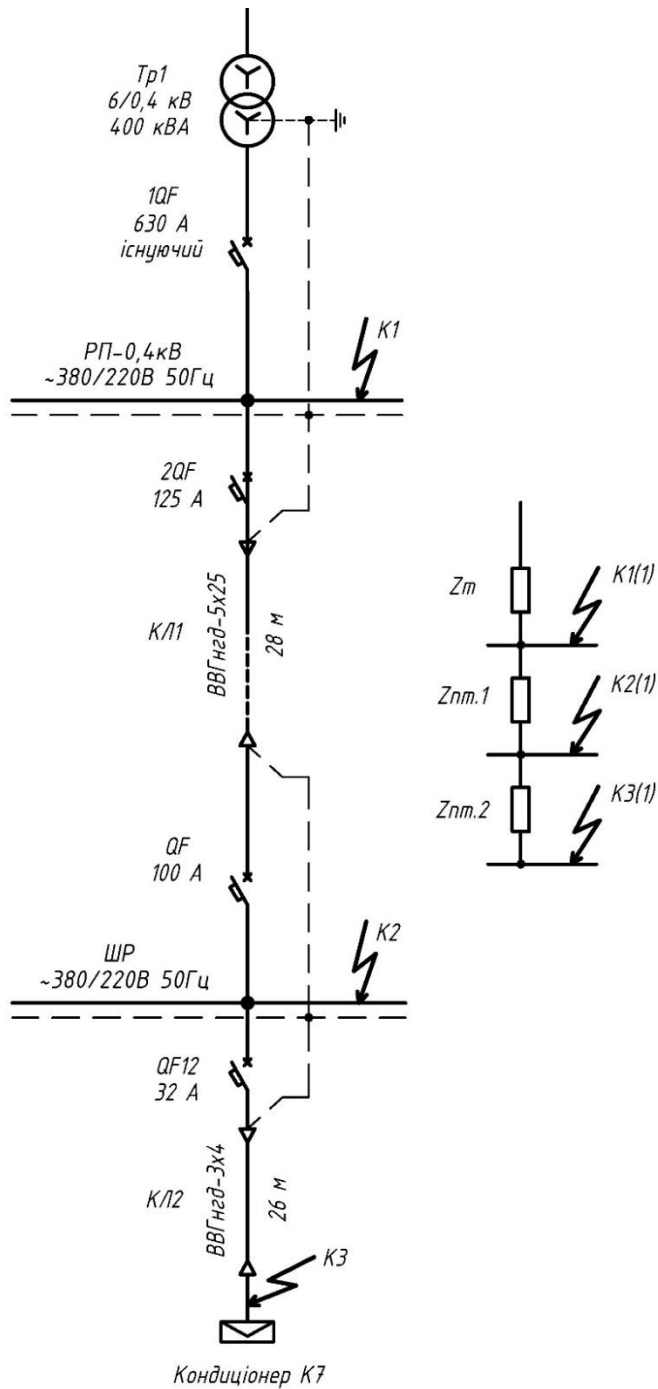


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема і схема заміщення для розрахунку струмів однофазного короткого замикання

Повний опір петлі «фаза-нуль» до точки К2 визначається за формулою:

$$Z_{nm.1} = Z_{nm.кЛ1};$$

$$Z_{nm.1} = 1,746 \cdot 28 = 48,888 \text{ мОм.}$$

За формулою (5.25) струм однофазного металевого КЗ у точці К2:

$$I_K^{(1)} = \frac{220}{\frac{195}{3} + 48,888} = 1,932 \text{ кА.}$$

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47



Повний опір петлі «фаза – нуль» до точки КЗ визначається за формулою:

$$Z_{nm.2} = Z_{nm.1} + Z_{nm.кл2};$$

$$Z_{nm.} = 48,888 + 10,94 \cdot 26 = 333,328 \text{ мОм.}$$

За формулою (5.29) струм однофазного металевого КЗ у точці КЗ:

$$I_K^{(1)} = \frac{220}{\frac{128}{3} + 333,328} = 0,492 \text{ кА.}$$

Результати розрахунку струмів КЗ зводимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку струмів КЗ

Лінія	Струм трифазного КЗ, кА			Струм однофазного КЗ, кА		
	КЗ	К2	К1	КЗ(1)	К2(1)	К1(1)
Гр.1				0,100		
Гр.2				0,118		
Гр.3				0,108		
Гр.4				0,082		
Гр.5				0,079		
Гр.6				0,246		
Гр.7				0,255		
Гр.8				0,261		
Гр.9				0,187		
Гр.10				0,236		
Гр.11				0,255		
Гр.12				0,236		
Гр.13				0,338		
Гр.14				0,155		
Гр.15	2,541	3,609	11,601	0,135	1,932	3,385
Гр.16				0,246		
Гр.17				0,151		
Гр.18				0,159		
Гр.19				0,172		
Гр.20				0,190		
Гр.21				0,347		
Гр.22				0,445		
Гр.23				0,357		
Гр.24				0,329		
Гр.25				0,416		
Гр.26				0,479		
Гр.27				0,492		
Гр.28				0,367		
Гр.29				0,378		

## 5. Вибір автоматичних вимикачів

Перевірка проводиться для існуючого автоматичного вимикача 1QF  $I_{ном}=100A$ , що встановлений в РУ-0,4кВ існуючої КТП.

Вибору і перевірки підлягають ввідний автоматичний вимикач розподільчої шафи ШР QF  $I_{ном}=80A$  та апарати на лініях до одиничних споживачів та на групових лініях.

Всі електричні апарати напругою до 1 кВ мають відповідати таким умовам:

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

$$U_{ном.е.а} \geq U_{ном.м}, \quad (6.1)$$

де  $U_{ном.е.а}$  і  $U_{ном.м}$  - номінальна напруга ЕА і номінальна напруга електричної мережі (установки) відповідно, у якій застосовується ЕА;

2) допустимого нагрівання струмами в тривалому режимі:

$$I_{ном.е.а} \geq I_{ф} \quad (6.2)$$

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

3) відповідності навколишньому середовищу (нормальне, пожежонебезпечне, вибухонебезпечне та ін.), роду установки (внутрішня, зовнішня) і конструктивному виконанню (висувна, стаціонарна) та ін.;

4) параметрам основної функціональної характеристики: комутаційні ЕА - струм вимикання (вмикання) при КЗ (комутаційна здатність), ЕА захисту - номінальний струм плавкої вставки запобіжника чи уставки розчеплювача автомата.

Перевірку вибраних ЕА проводять за їх стійкістю та працездатністю при наскрізних струмах КЗ. Мають виконуватися такі умови:

5) струм електродинамічної стійкості  $EА_d$

$$i_{дин} \geq i_y \quad (6.3)$$

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $i_y$  - розрахунковий ударний струм;

б) допустимий струм термічної стійкості апарата  $I_T$  за допустимий час термічної стійкості  $t_T$

$$I_T^2 \cdot t_T \geq I_K^2 \cdot t \quad (6.4)$$

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

Таким чином, номінальна напруга цих автоматів вибирається як:

$$U_{ном.а} \geq U_{ном.м}, \quad (6.5)$$

Номінальний струм автоматів і номінальні струми розчеплювачів не повинні бути меншими за струм режиму максимального навантаження:

$$I_{ном.а} \geq I_{макс}, \quad (6.6)$$

$$I_{ном.р} \geq I_{макс} \quad (6.7)$$

У формулах (6.6) і (6.7) беруться найближчі значення номінальних струмів автоматів і розчеплювачів. Автомати звичайно мають кілька номінальних струмів розчеплювача. Найбільше значення номінального струму розчеплювача дорівнює номінальному струму автомата, тому  $I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$

Струм максимального режиму визначається за формулою:

$$I_{макс} = I_{вст}, \quad (6.8)$$

де  $I_{вст}$  - струм при встановленій величині навантаження (береться залежно від місця знаходження ЕА в схемі електропостачання).

Уставка струму спрацювання від перевантаження  $I_{с.п}$  (уставка струму теплового розчеплювача  $I_{у.т.р}$ ) вибирається за умови:

$$I_{с.п} = I_{у.т.р} \geq K \cdot I_p, \quad (6.9)$$

де  $K$  - коефіцієнт, який приймається 1,1 для автомата вводу QF, 1,25 - для автоматів QF1-QF25.

У формулі (6.9) для автомата вводу QF - розрахунковий струм другого рівня електропостачання  $I_{р.2}$ ; для автомата QF10 — розрахунковий струм

першого рівня електропостачання одного ЕП  $I_{p.1}$  (номінальний струм ЕП  $I_{ном.ЕП}$  при  $k_3 - 1$ ).

Автомати не повинні вимикати ділянки, які захищають, при короткочасних перевантаженнях (пускові струми, пікові струми та ін.).

Умова перевірки від пікових струмів для групи ЕП і від пускових струмів для одного ЕП полягає у виборі уставки струму спрацьовування відсічки розчеплювача миттєвої дії  $I_{с.в}$  (уставки струму електромагнітного розчеплювача  $I_{у.е.р}$ ) більше цих струмів відповідно не менш ніж на 25 %, тому що похибка від розкиду характеристик може досягати до 15 %

$$I_{с.в} = I_{у.е.р} \geq 1,25I_{пik}, \quad (6.10)$$

$$I_{с.в} = I_{у.е.р} \geq 1,25I_{пyск}, \quad (6.11)$$

де  $I_{пik}$  і  $I_{пyск}$  - піковий струм групи ЕП за формулами (2.40), (2.41) і пусковий струм одиночного ЕД за формулою (2.12) відповідно (дані пускових і пікових струмів беруться з результатів розрахунків розділу 2: приклади 2.1 і 2.6 відповідно).

Як комутаційний апарат автомати перевіряють щодо здатності вимикання за умови:

$$I_{ном.в.а} \geq I_{н.о} = I_{к}^{(3)}, \quad (6.12)$$

де  $I_{ном.в.а}$  - номінальний струм вимикання автомата при нормованих умовах роботи;

$I_{н.о} = I_{к}^{(3)}$  - початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ.

Відповідно до пункту 4 (функціональне призначення) для чутливості захисту (надійного його спрацювання) мінімальний струм КЗ (звичайно це струм однофазного КЗ у найбільш віддаленій точці лінії, яка захищається) має перевищувати уставки розчеплювачів залежно від їх типів у таких співвідношеннях:

для розчеплювача миттєвої дії (електромагнітного або напівпровідникового) з номінальним струмом більше 100 А

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$I_{\kappa}^{(1)} \geq 1,25I_{c.в}, \quad (6.13)$$

та при струмі до 100 А включно:

$$I_{\kappa}^{(1)} \geq 1,4I_{c.в} \quad (6.14)$$

Вибірковість дії послідовно встановлених автоматів забезпечується за умови, що їх захисні характеристики на карті селективності не повинні перетинатися, до того ж уставки струму розчеплювачів уповільненої й миттєвої дії в автомата, розташованого ближче до ЕП, мають бути в 1,5 рази менші, ніж у більш віддаленого автомата [2].

### 5.1. Вибір ввідного автоматичного вимикача 0,4кВ

Розрахунковий струм на II рівні електропостачання  $I_{p2} = 80,58 \text{ А}$ . При проведенні аналізу пофазного розподілу однофазного навантаження для визначення найбільшого можливого значення струму завантаження фази, в нашому випадку найбільш завантаженою фазою є фаза С з однофазним струмовим навантаженням 93,83 А. Таким чином ми отримали значення максимального фазного струму навантаження, який будемо використовувати при виборі та перевірці ввідного автоматичного вимикача поверхового розподільчого щита ЩРП2.

Вибираємо модульний триполюсний автоматичний вимикач виробництва Schneider Electric серії Acti9 моделі C120N C100/3  $I_{ном} = 100\text{А}$ ,  $I_{ном.тр} = 100\text{А}$ ,  $I_{у.т.р.} = 100\text{А}$ ,  $I_{у.в.р.} = 1000\text{А}$  (характеристика С)

За формулою (6.5) номінальна напруга автомата вибирається як:

$$400 \geq 380\text{В}.$$

Для перевірки приймаємо раніше визначений максимальний фазний струм у фазі С:

$$I_{\text{макс}} = 93,83 \text{ А}.$$

Тоді за формулою (6.6) номінальний струм автомата:

$$I_{\text{ном.а}} = 100 \text{ А} > I_{\text{макс}} = 93,83 \text{ А}.$$

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для автомату С120N С100/3 номінальний струм теплового розчеплювача  $I_{\text{ном.т.р}} = 100$  А. Тоді за формулою (6.7) номінальний струм теплового розчеплювача:

$$I_{\text{ном.т.р}} = 100 \geq I_{\text{макс}} = 93,83 \text{ А.}$$

Для автомату С120N С100/3 кратність струму спрацьовування (уставки) теплового розчеплювача  $I_{\text{у.т.р}}$  до номінального струму теплового розчеплювача  $I_{\text{ном.т.р}}$  ( $I_{\text{у.т.р}} / I_{\text{ном.т.р}}$ ) становить в діапазоні 1,1. Таким чином, уставка струму теплового розчеплювача:

$$I_{\text{у.т.р}} = 1,1 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 1,1 \cdot 100 = 110 \text{ А.}$$

За формулою (6.9)

$$I_{\text{у.т.р}} = 110 \text{ А} > 1,1 \cdot 93,83 \approx 103,2 \text{ А.}$$

Для автоматичного вимикача С120N С100/3 відношення струму спрацьовування відсічки  $I_{\text{с.в}}$  (електромагнітного розчеплювача  $I_{\text{у.е.р}}$ ) до номінального струму  $I_{\text{ном}}$  ( $I_{\text{у.т.р}} / I_{\text{ном}}$ ) становить в діапазоні 5-10 (характеристика С). Таким чином, струм надійного спрацьовування відсічки (електромагнітного розчеплювача)

$$I_{\text{с.в}} = I_{\text{у.е.р}} = 10 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 10 \cdot 100 = 1000 \text{ А.}$$

За формулою (6.12)

$$I_{\text{с.в}} = 1000 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{\text{нік}} = 1,25 \cdot 139,67 = 174,58 \text{ А.}$$

При перевірці вимикання струму трифазного КЗ автоматом вводу береться струм трифазного КЗ у точці К2 з таблиці 5.1

$$I_{\text{К2(0)}} = 3,609 \text{ кА.}$$

Для автоматичного вимикача С120N С100/3 гранична комутаційна здатність (здатність до вимикання) при становить  $I_{\text{ном.в.а}}=10$  кА.

За формулою (6.12)

$$10 \text{ кА} > 3,609 \text{ кА.}$$

Остаточню вибирається автомат С120N С100/3 з такими параметрами:

$$U_{\text{ном.а}}= 400\text{В}; I_{\text{ном.а}}= 100\text{А}; I_{\text{ном.т.р}}= 100\text{А};$$

$$I_{\text{у.т.р}}= 110 \text{ А}; I_{\text{у.е.}}= 1000 \text{ А}; I_{\text{ном.в.а}}= 10 \text{ кА.}$$

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Результати вибору дивися таблицю 6.1.

Лінія живлення	Тип автомата	U <sub>ном</sub> , В	I <sub>ном</sub> , А	I <sub>ном.т.р</sub> , А	I <sub>у.т.р</sub> , А	I <sub>у.в.р</sub> , А	I <sub>ном.в.а</sub> , кА
ЩРП2	Act9 C120N C100/3	400	100	100	125	1000	10

Таблиця 6.2 - Каталожні та розрахункові дані автомата QF

Умови вибору	Каталожні дані автомата C120N C100/3	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.м}$	$U_{ном.а} = 400В$	$U_{ном.м} = 380В$
За номінальним струмом автомата $I_{ном.а} \geq I_{макс}$	$I_{ном.а} = 100 А$	$I_{макс} = 93,83 А$
За номінальним струмом розчеплювача $I_{ном.р} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.р} = 100А$	$I_{макс} = 93,83 А$
За номінальним струмом автомата та його розчеплювачів $I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$	$I_{ном.а} = 100А$	$I_{ном.р} = 100А$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{с.п} = I_{у.т.р} \geq 1,1 \cdot I_{макс}$	$I_{у.т.р} = 1,1 \cdot I_{ном.т.р} =$ $= 1,1 \cdot 100 = 110А$	$1,1 \cdot I_{макс} = 1,1 \cdot 93,83 =$ $= 103,21 А$
За умовою відстройки від пікових струмів $I_{с.в} \geq 1,25 \cdot I_{пик}$	$I_{с.в} = I_{у.е.р} = 10 \cdot I_{ном.т.р} =$ $= 10 \cdot 100 =$ $= 1000 А$	$I_{с.е} = 1,25 \cdot I_{пик} =$ $= 1,25 \cdot 139,67 =$ $= 174,58 А$
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{ном.в.а} \geq I_{п.о} = I_{к}^{(3)}$	$I_{ном.в.а} = 10 кА$	$I_{п.о} = I_{к}^{(3)} =$ $= 3,609 кА$
За умовою чутливості $I_{к}^{(3)} \geq 1,4 \cdot I_{с.в}$	$1,4 \cdot I_{с.в} =$ $= 1,4 \cdot 1000 = 1,4 кА$	$I_{к}^{(3)} = 3,609 кА$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.288 ПЗ

Арк.

54

## 5.2. Вибір автоматів розподільчої мережі

Аналогічно проводимо розрахунок для вибору лінійних автоматів і автоматів для ЕП. Результати записуємо до таблиць 6.1 та 6.2 відповідно.

Таблиця 6.3 - Результати вибору автоматів до ЕП

Лінія	Тип автомата	Uном, В	Iном, А	Iном.т.р, А	Iу.т.р, А	Iу.в.р, А	Iном.в.а, кА
Гр.1	Acti9 iC60N B2/1	400	2	2	2,5	10	6
Гр.2	Acti9 iC60N B2/1	400	2	2	2,5	10	6
Гр.3	Acti9 iC60N B2/1	400	2	2	2,5	10	6
Гр.4	Acti9 iC60N B2/1	400	2	2	2,5	10	6
Гр.5	Acti9 iC60N B4/1	400	4	4	5	20	6
Гр.6	Acti9 iDPN Vigi C20/2 0,03	400	20	20	25	200	6
Гр.7	Acti9 iDPN Vigi C20/2 0,03	400	20	20	25	200	6
Гр.8	Acti9 iDPN Vigi C16/2 0,03	400	16	16	20	160	6
Гр.9	Acti9 iDPN Vigi C25/2 0,03	400	25	25	31,25	250	6
Гр.10	Acti9 iDPN Vigi C25/2 0,03	400	25	25	31,25	250	6
Гр.11	Acti9 iDPN Vigi C20/2 0,03	400	20	20	25	200	6
Гр.12	Acti9 iDPN Vigi C20/2 0,03	400	20	20	25	200	6
Гр.13	Acti9 iDPN Vigi C20/2 0,03	400	20	20	25	200	6
Гр.14	Acti9 iDPN Vigi C20/2 0,03	400	20	20	25	200	6
Гр.15	Acti9 iDPN Vigi C25/2 0,03	400	25	25	31,25	250	6
Гр.16	Acti9 iDPN Vigi C20/2 0,03	400	20	20	25	200	6
Гр.17	Acti9 iDPN Vigi C20/2 0,03	400	20	20	25	200	6
Гр.18	Acti9 iDPN Vigi C20/2 0,03	400	20	20	25	200	6
Гр.19	Acti9 iDPN Vigi C20/2 0,03	400	20	20	25	200	6
Гр.20	Acti9 iDPN Vigi C16/2 0,03	400	16	16	20	160	6
Гр.21	Acti9 iC60N C16/1	400	16	16	20	160	6
Гр.22	Acti9 iC60N C16/1	400	16	16	20	160	6
Гр.23	Acti9 iC60N C16/1	400	16	16	20	160	6
Гр.24	Acti9 iC60N C16/1	400	16	16	20	160	6
Гр.25	Acti9 iC60N C16/1	400	16	16	20	160	6
Гр.26	Acti9 iC60N C16/1	400	16	16	20	160	6
Гр.27	Acti9 iC60N C32/1	400	32	32	40	320	6
Гр.28	Acti9 iC60N C2/1	400	2	2	2,5	20	6
Гр.29	Acti9 iC60N C4/1	400	4	4	5	40	6

На групових лініях живлення мережі побутових розеток проектом передбачено встановлення диференційних автоматичних вимикачів, які окрім захисту від перевантаження та від струмів КЗ захищає також і від струму витоку ( $I_{диф}=30\text{мА}$ ) для запобігання ураження людей електричним струмом.



## 6. Охорона праці

Як було зазначено у Вступі – співробітники — це найдорогоцінніший капітал компанії АТ «Сумиобленерго». Керівництво компанії приділяє велику увагу питанням створення безпечних умов для роботи та контролює і вдосконалює систему охорони праці на підприємстві. Безпека працівників є головним пріоритетом роботодавців.

Інформація з охорони праці та пожежної безпеки містить вимоги, викладені в наступних документах стосовно діяльності організацій, обов'язків і відповідальності керівників і працівників з питань охорони праці та пожежної безпеки:

- Закон «Про охорону праці»;
- Кодекс законів про працю України;
- Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування»;
- Кодекс цивільного захисту;
- Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці;
- Перелік робіт з підвищеною небезпекою;
- Мінімальні вимоги до забезпечення знаками безпеки та здоров'я на роботі;
- Мінімальні вимоги безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці;
- Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві;
- Правила пожежної безпеки в Україні.

Всі працівники під час перебування в приміщеннях другого поверху адміністративної будівлі повинні:

- дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку з якою їх ознайомлюють на початку роботи;

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- виконувати вимоги охорони праці та пожежної безпеки, зазначені у відповідних інструкціях, що затверджені розпорядчими документами організації.

В загальних випадках офісної праці рекомендується виконувати щоденні перевірки готовності до виконання основних робіт, а саме:

- перевіряти відсутність впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників;
- наявність міцної, неслизької підлоги в приміщеннях, відсутність захаращеності або небезпечних ухилів. Шляхи пересування, проходи позначені відповідними знаками, безпечні для легкого пересування;
- перевіряти можливість безпечного відкривання, закривання і регулювання вікон, прозорих скляних дверей, а також відсутність небезпеки для працівників при перебуванні вікон або дверей у відкритому стані;
- наявність робочих джерел освітлення (загального / місцевого), кондиціонування і/або вентиляції повітря в приміщеннях;
- проводити інформування та інструктування працівників щодо дій, у разі виникнення надзвичайних ситуацій (травмування, загоряння, аварійна ситуація, повітряна загроза, тощо);
- організувати прийом їжі та напоїв (чай, кава, вода) в спеціально обладнаних для цього приміщеннях;
- дозволити паління на території, яка спеціально обладнана для цього;
- проводити інформування та перевіряти наявність можливості у працівників виконувати телефонні виклики працівників служби експлуатації будівлі (електрики, сантехники), служб екстреного виклику 112 (101, 102, 103, 104).

Також при проведенні щоденних перевірок, як на початку роботи так і протягом робочого дня проводити інформування щодо заборон для попередження подібних дій в офісних приміщеннях адміністративної будівлі, а саме:

- використання на робочому місці електрочайників та інших нагрівальних приладів з порушенням вимог правил безпеки;

					<i>MP 5.8.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

- приймання їжі або вживання води/чаю/кави в непризначених та не обладнаних для цього місцях;
- паління в приміщеннях чи на території, поза межами місць, які позначені та обладнані для цього;
- виконувати не властивих для посади роботи інженерного чи офісного обладнання;
- вставання на стільці/столи/підвіконня, підіймання на висоту вище 1,3м від рівня підлоги чи вихід на покрівлю, тощо;
- залишення працюючого, не вимкненого комп'ютера, місцевого освітлення на робочому місці на тривалий час.

Характер основних робіт, що виконуються у робочих приміщеннях другого поверху адміністративної будівлі – робота за комп'ютером – офісні приміщення.

Для забезпечення техніки безпеки на підприємстві розроблено комплекс інструкцій з охорони праці, до складу яких відповідно, входить і інструкція з охорони праці при експлуатації персональних електронних обчислювальних машин та локальних обчислювальних мереж.

Дана інструкція є обов'язковою для всіх працівників при організації та виконанні робіт, що пов'язані з експлуатацією, налагоджуванням та ремонтом засобів обчислювальної техніки, таких як персональні та керуючі електронно-обчислювальні машини (ЕОМ), периферійні пристрої ЕОМ (монітори, друкуючі пристрої, обладнання локальних обчислювальних мереж), пристрої, сполучені із засобами телемеханіки, зв'язку та релейного захисту.

При виконанні робіт, пов'язаних з експлуатацією, обслуговуванням, налагоджуванням та ремонтом ЕОМ на працівників діють несприятливі та шкідливі фактори, основними з яких являються:

- зорове та нервово-емоційне напруження внаслідок вимушеної робочої пози при локальному напруженні верхніх кінцівок на фоні обмеженої загальної м'язової активності (гіподинамії);
- наявність шуму та вібрації (при роботі друкуючих пристроїв);

					<i>MP 5.8.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

- електромагнітне випромінювання;
- ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання;
- електростатичне поле між екраном і оператором;
- наявність пилу, озону, оксидів азоту та аероіонізації.

При роботі на ЕОМ персонал зобов'язаний виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку, дотримуватися трудової та виробничої дисципліни.

До самостійної роботи на ЕОМ допускаються особи, що пройшли попередній та періодичний медогляд, вступний та первинний інструктажі, навчання по програмі підготовки на посаду та перевірку знань з питань охорони праці, технології робіт, пожежної безпеки, посадових та виробничих інструкцій в об'ємах займаної посади.

ЕОМ належить до електрообладнання з напругою до 1000В, тому при виконанні ремонтних робіт під напругою необхідно використовувати захисні засоби: інструмент з ізолюваними ручками, діелектричні рукавички.

Робочі місця з відео терміналами та персональними ЕОМ необхідно розміщувати з дотриманням наступних вимог:

- робочі місця з відео терміналами та ПЕОМ розміщуються на відстані не менше 1 м від стін зі світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями відео терміналів має бути не менше 1,2 м.

ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ повинні підключатися до електромережі тільки за допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення.

Штепсельні з'єднання та електророзетки, крім контактів фазового та нульового робочого провідників, повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотнім. Необхідно унеможливити

					<i>MP 5.8.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника.

Неприпустимим є підключення ЕОМ та периферійних пристроїв ЕОМ до звичайної двопровідної мережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв.

Забороняється застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам ПУЕ до переносних електропроводок.

Приміщення з ЕОМ повинні бути обладнані переносними вуглекислотними вогнегасниками.

Перед початком роботи з ЕОМ, працівник повинен перевірити:

- стан освітлення та стан первинних засобів пожежогасіння;
- наявність видимих пошкоджень захисного заземлення (занулення);
- виконати зовнішній огляд ЕОМ, переконатися, що всі кожухи, кришки пристроїв закриті, роз'єми кабелів міцно та надійно встановлено у відповідні гнізда;
- перевірити справність проводів живлення і відсутність оголених або пошкоджених ділянок проводів;
- перевірити відсутність на корпусах зайвих речей.

При експлуатації ЕОМ необхідно утримувати робоче місце в безпечному стані, для цього забороняється:

- з'єднування та роз'єднування кабелів при підключеній напрузі;
- виконання обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ безпосередньо на робочому місці користувача ЕОМ;
- зберігання поруч з відео терміналом та ЕОМ паперу, дискет, інших носіїв інформації, запасних блоків, деталей тощо, якщо вони не використовуються для поточної роботи;
- відключення захисних пристроїв, самочинне проведення змін у конструкції та складі ЕОМ, устаткування або їх технічне налагодження;
- робота з відео терміналами, в яких під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані тощо;

					<i>MP 5.8.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

- робота на принтері зі знятою (хоч трохи піднятою) верхньою кришкою.

При виконанні робіт на ЕОМ необхідно дотримуватися режимів праці та відпочинку.

При роботі з моніторами та ЕОМ тривалість безперервної роботи не повинна перевищувати 4 години, кожну годину необхідно робити перерву на 5-10 хвилин, а за 2 години безперервної роботи – на 15 хвилин. З метою запобігання перевтоми та перенапруги необхідно виконувати під час регламентованих перерв комплекси профілактичних фізичних вправ та сеанси психофізіологічного розвантаження.

При експлуатації ЕОМ необхідно пам'ятати і розуміти, що електроживлення здійснюється від мережі 220В, яка є небезпечною для здоров'я та життя людини.

По закінченню роботи слід припинити роботу всіх працюючих прикладних завдань та програмного забезпечення і зупинити роботу операційної системи.

Відключення від електричної мережі обладнання, підключеного до ЕОМ, необхідно виконувати у наступній послідовності:

- відключити додаткове обладнання (принтер, модем тощо);
- відключити монітор;
- відключити системний блок.

У разі виникнення аварійної ситуації необхідно припинити роботу всіх працюючих прикладних завдань, зупинити роботу операційної системи та відключити від електричної мережі обладнання.

Ознаками аварійної ситуації можуть бути:

- сморід горілого та інші ознаки загоряння;
- ураження електричним струмом;
- загорання відповідних сигнальних аварійних індикаторів на відповідних пристроях ЕОМ.

При появі в приміщенні ознак виникнення пожежі, загорання електропроводки, устаткування слід відключити електроживлення і вжити

					<i>MP 5.8.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

заходів щодо ліквідації пожежі наявними засобами пожежогасіння. При цьому застосовують вуглекислотні вогнегасники. Застосування пінних вогнегасників і води для гасіння електрообладнання, що знаходиться під напругою – не допустимо.

У разі виникнення аварійної ситуації з ураженням електричних струмом працівник має припинити роботу, надати потерпілому першу допомогу, викликати швидку та повідомити про випадок безпосереднього керівника.

При електротравмі слід в першу чергу звільнити потерпілого від дії електричного струму. Це можна зробити, вимкнувши запобіжник або рубильник або відкинувши проводи в сторону за допомогою діелектричного предмету.

### **Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях**

Ознаками аварійної ситуації на робочому місці є:

- поява збоїв у роботі електроприладів, обладнання, устаткування.
- коротке замикання, іскріння, появи запаху горіння, підвищене нагрівання корпусу, штепсельних рознімачів, сполучних проводів, зниження або зникнення напруги в мережі і т.п.

В аварійній ситуації необхідно:

- роботу припинити, відключити від мережі прилади;
- при загорянні використовувати вуглекислотний або порошковий вогнегасники;
- повідомити безпосереднього керівника та роботодавця;
- ужити заходів по евакуації людей і наданню першої медичної допомоги постраждалим;
- при необхідності викликати швидку допомогу, пожежну команду.

Якщо виникла ситуація, що може призвести до аварії або нещасного випадку необхідно огородити небезпечну зону і не запускати в неї сторонніх осіб. Якщо є потерпілі надавати їм першу медичну допомогу, при необхідності викликати швидку допомогу.

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Слід пам'ятати про особисту електробезпеку працівнику, який виконує наступні дії:

- утримувати потерпілого тільки за одяг, не торкаючись до відкритих ділянок тіла;
- по можливості слід обмотати руки сухою ганчіркою або надіти гумові рукавички;
- стати на ізолюючий предмет (гумовий килим, дерев'яна підставка тощо).

В обов'язковому порядку потрібно викликати бригаду швидкої допомоги, а поки вона буде в дорозі, необхідно намагатися відновити у потерпілого діяльність дихальної та серцево-судинної систем. Необхідно зробити штучне дихання і непрямий масаж серця. Закінчити реанімаційну діяльність потрібно тільки після того, як відновиться самостійне дихання у потерпілого.

При виконанні усіх правил техніки безпеки, посадових інструкцій та суворому дотриманні трудової дисципліни – можна звести до нуля вірогідність настання аварійних ситуацій, що загрожують здоров'ю та життю працівників.

					<i>MP 5.8.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63



## 6.1. Розрахунок заземлювального пристрою

Розрахунок заземлювального пристрою будівлі проводиться з метою визначення кількості та конфігурації заземлювального пристрою.

Споживачі електроенергії отримують живлення від трансформатора 6/0,4кВ з заземленою нейтраллю на стороні 0,4кВ.

Природних заземлювачів немає.

Заземленням називають навмисне з'єднання металевих частин електроустановки з заземлюючим пристроєм.

Заземлюючий пристрій (ЗП) – це сукупність заземлювача та заземлюючих провідників.

### **Вихідні дані:**

Розміри будівлі –  $A \times B = 34 \times 16$  м; ґрунт в місці будівлі переважно чорнозем; кліматична зона – III;

Вертикальний електрод – кругла сталь  $\varnothing 16$  мм, довжина –  $L_B = 4$  м; глибина закладання  $t = 0,8$  м; конфігурація ЗП – рядний;

Горизонтальний електрод – смуга ( $40 \times 4$  мм<sup>2</sup>).

Опір заземлюючого пристрою, до якого приєднані нейтраль джерела живлення або виводи джерела однофазного струму, у будь-який час року не повинне перевищувати 2, 4 і 8 Ом відповідно для лінійних напруг 660, 380 і 220 В джерела трифазного струму або 380, 220 і 127 В джерела однофазного струму. Цей опір необхідно забезпечувати з урахуванням використання всіх заземлювачів, приєднаних до PEN (PE) – провідника, якщо кількість відвідних ліній не менше двох.

Для питомого опору землі  $\rho > 100$  Ом·м допускається збільшувати значення опору заземлення в  $0,01 \cdot \rho$  раз, але не більш ніж в 10 разів, за винятком опору заземлюючих пристроїв і заземлювачів, що використовуються одночасно для електроустановок напругою вище 1 кВ.

Опір заземлювального пристрою нейтралі трансформатора 0,4 кВ згідно ПУЕ повинен бути не більше  $R_{3Y} \leq 4$  Ом.

Приймемо опір заземлювального пристрою на рівні  $R_{3Y} = 4$  Ом.

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунковий опір одного вертикального електрода визначається за виразом:

$$r_B = \frac{\rho_{розр}}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{2p + \frac{l}{2}}{2p - \frac{l}{2}} \right),$$

де  $r_B$  – розрахунковий опір одного вертикального електрода;

$K_{СЕЗ.В}$  – коефіцієнт сезонності;

$\rho_{розр} = \rho \cdot K_{СЕЗ.В}$  – розрахунковий питомий опір ґрунту;

$\rho$  – питомий опір ґрунту, виміряний при нормальній вологості, Ом·м, приймається по табл. 6.2.

$K_{СЕЗ.В} = 1,5$  (III кліматичний район) – значення взяті з табл. 7.1;

$K_{СЕЗ.Г} = 2,3$  значення взяті з табл. 7.1;

$$p = t + \frac{l}{2} = 0,8 + \frac{4}{2} = 2,8.$$

Для визначення питомого опору землі за розрахункове варто приймати його сезонне значення, що відповідає найменш сприятливим умовам.

Таблиця 7.1 – Коефіцієнти сезонності

Кліматична зона	Вид заземлювача		Додаткові відомості
	вертикальний	горизонтальний	
1	2	3	4
I	1,9	5,8	Глибина закладення вертикальних заземлювачів від поверхні землі 0,5...0,7м
II	1,7	4,0	Глибина закладення горизонтальних заземлювачів 0,3...0,8 м
III	1,5	2,3	
IV	1,3	1,8	

Примітка. Зона I має найбільш холодний, IV – теплий клімат;

Таблиця 7.2 – Питомий опір ґрунту  $\rho$ 

Ґрунт	Торф	Глина, земля садова	Чорнозем	Суглинок	Кам'янистий ґрунт	Супісок	Пісок з галькою
$\rho$ , Ом·м	20	40	50	100	200	300	800

Розрахунковий опір одного вертикального електрода

$$r_B = \frac{\rho_{розр}}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{2p + \frac{l}{2}}{2p - \frac{l}{2}} \right) = \frac{50 \cdot 1,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 4} \left( \ln \frac{2 \cdot 4}{16 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \ln \frac{2 \left( 0,8 + \frac{4}{2} \right) + \frac{4}{2}}{2 \left( 0,8 + \frac{4}{2} \right) - \frac{4}{2}} \right) \approx 19,7 \text{ Ом.}$$

Визначасмо кількість вертикальних електродів без урахування екранування (розрахункове):

$$N'_{B.P} = \frac{r_B}{R_{3У}};$$

де  $N'_{B.P}$  – кількість вертикальних електродів без урахування екранування (розрахункове округлюємо до більшого кратного 2);

$R_{3У}$  – граничний опір сполученого ЗП.

$$N'_{B.P} = \frac{r_B}{R_{3У}} = \frac{19,7}{4} = 4,925 \approx 6 \text{ шт.}$$

Кількість вертикальних електродів з урахуванням екранування:

$$N_{B.P} = \frac{N'_{B.P}}{\eta_B}$$

де  $N_{B.P}$  – кількість вертикальних електродів з урахуванням екранування;

$\eta_B, \eta_G$  – коефіцієнти використання вертикального й горизонтального електродів, визначаються за табл. 10.3:

$$\eta = f(\text{тип ЗП, вид заземлювача, } \frac{a}{L}, N_B),$$

де  $a$  – відстань між вертикальними заземлювачами, м;

$L$  – довжина вертикального заземлювача, м;

$N_B$  – число вертикальних заземлювачів.

Проектований рядний ЗП закладається перед будівлею на відстані не менше 2 м до будівлі.

Приймаємо відстань між вертикальними електродами

$$a = 8 \text{ м};$$

$$\frac{a}{L_B} = \frac{8}{4} = 2.$$

Відповідно –  $\eta = f(\text{рядний}; \text{вертикальний}; 2; 6) = 0,77$ .

$$N_{B.P} = \frac{N'_{B.P}}{\eta_B} = \frac{6}{0,77} = 7,8 \approx 8 \text{ шт.}$$

Таблиця 7.3 – Коефіцієнти використання вертикальних  $\eta_B$  і горизонтальних  $\eta_G$  електродів заземлювального пристрою

$N_B$	$\frac{a}{L}$						Додаткові відомості
	1		2		3		
	$\eta_B$	$\eta_G$	$\eta_B$	$\eta_G$	$\eta_B$	$\eta_G$	
4	0,69	0,45	0,78	0,55	0,85	0,70	Чисельник для контурного ЗП, Знаменник — для рядного
	0,74	0,77	0,83	0,89	0,88	0,92	
6	0,62	0,40	0,73	0,48	0,80	0,64	
	0,63	0,71	0,77	0,83	0,83	0,88	
10	0,55	0,34	0,69	0,40	0,76	0,56	
	0,59	0,62	0,75	0,75	0,81	0,82	
20	0,47	0,27	0,64	0,32	0,71	0,45	
	0,49	0,42	0,68	0,56	0,77	0,68	
30	0,43	0,24	0,60	0,30	0,68	0,41	
	0,43	0,31	0,65	0,46	0,75	0,58	

Відстань між електродами уточнюється з урахуванням форми об'єкта. Розміщуємо елементи ЗП на плані та уточнюємо відстані.

Для рівномірного розподілу електродів на відстані 3м один від одного, а також з урахуванням конфігурації розташування остаточно приймаємо  $N_B = 16$  (рис. 6.1).

$$a_A = \frac{A'}{n_A - 1};$$

$$a_B = \frac{B'}{n_B - 1};$$

де  $a_B$  – відстань між електродами по ширині об'єкта, м;

$a_A$  – відстань між електродами по довжині об'єкта, м;

$n_B$  – кількість електродів по ширині об'єкта;

$n_A$  – кількість електродів по довжині об'єкта.

В нашому випадку :

$$a_A = 8 \text{ м,}$$

$$a_B = 8 \text{ м.}$$

Для уточнення приймається середнє значення відношення

$$\left(\frac{a}{L_B}\right)_{cp} = \frac{1}{2} \left(\frac{a_A+a_B}{L_B}\right)$$

де  $L_B$  – довжина вертикального заземлювача, м;

$a$  – відстань між вертикальними заземлювачами, м.

$$\left(\frac{a}{L_B}\right)_{cp} = \frac{1}{2} \left(\frac{a_A+a_B}{L_B}\right) = \frac{1}{2} \left(\frac{8+8}{4}\right) = 2.$$

За табл. 6.3 уточнюються коефіцієнти використання за допомогою апроксимації.

$$\eta_B = f(\text{рядний; вертикальний; 2; 8}) = 0,76$$

$$\eta_\Gamma = f(\text{рядний; горизонтальний; 2; 8}) = 0,79$$

Визначаються уточнені значення опорів вертикальних і горизонтальних електродів.

$$R_\Gamma = \frac{0,4}{L_\Pi \eta_\Gamma} \rho K_{CE3.\Gamma} \lg \frac{2L_\Pi^2}{bt}$$

де  $R_\Gamma$  – уточнене значення опору горизонтальних електродів,

$t = 0,8$  – глибина закладання, (м)

$b$  – ширина смуги, (м)

$L_\Pi$  – довжина смуги, (м)

$$R_\Gamma = \frac{0,4}{L_\Pi \eta_\Gamma} \rho K_{CE3.\Gamma} \lg \frac{2L_\Pi^2}{bt} = \frac{0,4}{56 \cdot 0,79} \cdot 50 \cdot 2,3 \cdot \lg \frac{2 \cdot (56)^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8} = 5,498 \text{ Ом.}$$

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \eta_B}$$

де  $R_B$  – уточнене значення опору вертикальних електродів

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \eta_B} = \frac{19,7}{8 \cdot 0,76} = 3,24 \text{ Ом.}$$

Фактичний опір заземлювального пристрою

$$R_{3У.\Phi} = \frac{R_B R_\Gamma}{R_B + R_\Gamma} = \frac{3,24 \cdot 5,498}{3,24 + 5,498} = 2,038 \text{ Ом;}$$

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$$(2,038)R_{3y.\phi} < R_{3y}(4)$$

Заземлюючий пристрій: 8 вертикальних заземлювачів  $\phi 16$ , довжиною 4 м, відстань між якими – 8 м. Опір становить 2,038 Ом.

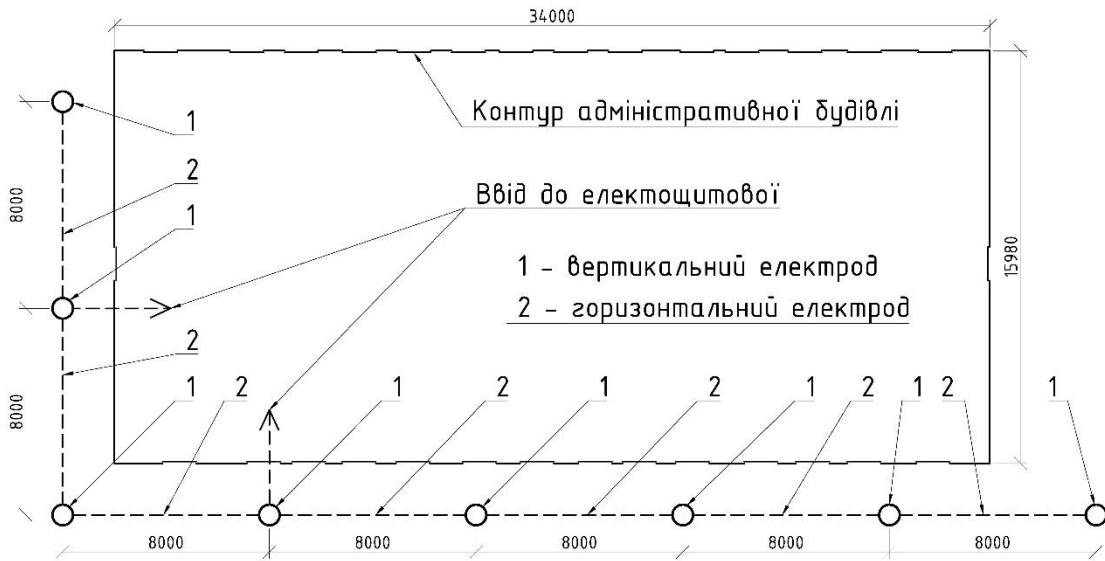


Рисунок 7.1 – План заземлювального контуру

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.288 ПЗ

Арк.

69

## 7. Економічна частина

При проведенні проектування робочого освітлення приміщень та кабінетів 2-го поверху адміністративної будівлі з моделюванням приміщень у програмі DIALux, ми використовували ies-файли світлодіодних світильників типу ДВО27У Юпітер-LED-2 виробництва «Корпорація ВАТРА» м. Тернопіль.

Дані світлотехнічні пристрої можливо використовувати для загального освітлення адміністративних, офісних, комерційних, медичних і громадських приміщень.

Вибір обумовлений з урахуванням наступних особливостей:

- спеціальний матеріал корпусної деталі - світлопропускаючого захисного елемента - матовий світлостабілізований полікарбонат, який
- забезпечує необхідну рівномірність світлорозподілу, створює якісне і комфортне освітлення с мінімальними оптичними втратами і низькою зоровим навантаженням;
- енергоекономні світлодіоди - клас енергоефективності «А++»;
- електронні компоненти та світлодіоди виключно провідних світових виробників;
- плавне включення, а також захист від перегріву і перегорання дозволяє продовжити термін служби світлодіодів;
- атмосферостійкий - має тривалий термін служби;
- світильники розроблено в рамках Державної програми розвитку світлодіодного освітлення України.
- корпусна деталь - монтажна панель: листовая сталь.
- корпусна деталь - світлопропускний захисний елемент: матовий світлостабілізований полікарбонат.

					<b>MP 5.6.14.1.288 ПЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пархоменко О.М.				Проектування системи електропостачання другого поверху адміністративної будівлі АТ «Сумиобленерго»	Літ.	Лист	Листів
Керівник	Петровський М.В.						70	94
Консульт.	Маценко О.							
Н.контроль	Петровський М.В.							
Завтвер.	Лебедева С.М.							
						<b>СумДУ, ЕТ.мз-31с</b>		

- Апаратура управління: вбудоване ЕДЖ.
- Джерело світла: світлодіоди *Osram* або *LG*

### **Світлодіодні світильники**

Світлодіодні LED світильники - це сучасні економні освітлювальні прилади. В якості джерела світла використовуються світлодіоди, які з мінімальними тепловтратами перетворюють електричний струм в світлове випромінювання. Даний вид світильників застосовують для промислового, побутового та вуличного освітлення. Вони завойовують популярність серед споживачів через безліч своїх переваг.

#### Переваги:

- + найбільший термін служби (до 50 000 годин);
- + низьке енергоспоживання;
- + працюють без перебоїв при різних температурах – від -30 до +50 °С;
- + стійкість до вібрації та механічних ударів;
- + відсутність у складі шкідливих сполук;
- + немає необхідності в особливій утилізації.

#### Недоліки:

- суттєвий відчутний лише один недолік - висока ціна;

Найбільш широко вживаним типом ламп для освітлення офісно-адміністративних приміщень ще з 80-х років ХХ століття є люмінесцентні трубчасті лампи, що встановлюються в різних форм корпуси разом з пусковою апаратурою. Дуже часто вбудованого виконання для монтажу в систему підвісної стелі типу «Армстронг».

### **Люмінесцентна лампа**

Люмінесцентна лампа відноситься до більш сучасного типу ламп (ніж лампи розжарювання) з більш низьким рівнем споживання електроенергії. Люмінесцентна лампа - це газорозрядне джерело світла, в якому електричний розряд в парах ртуті створює ультрафіолетове випромінювання, яке

					<i>MP 5.8.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



перетворюється у видиме світло за допомогою люмінофора. Конструкція їх складається з скляної трубки, запаяну з обох кінців, яка зсередини покрита тонким шаром люмінофора.

Переваги:

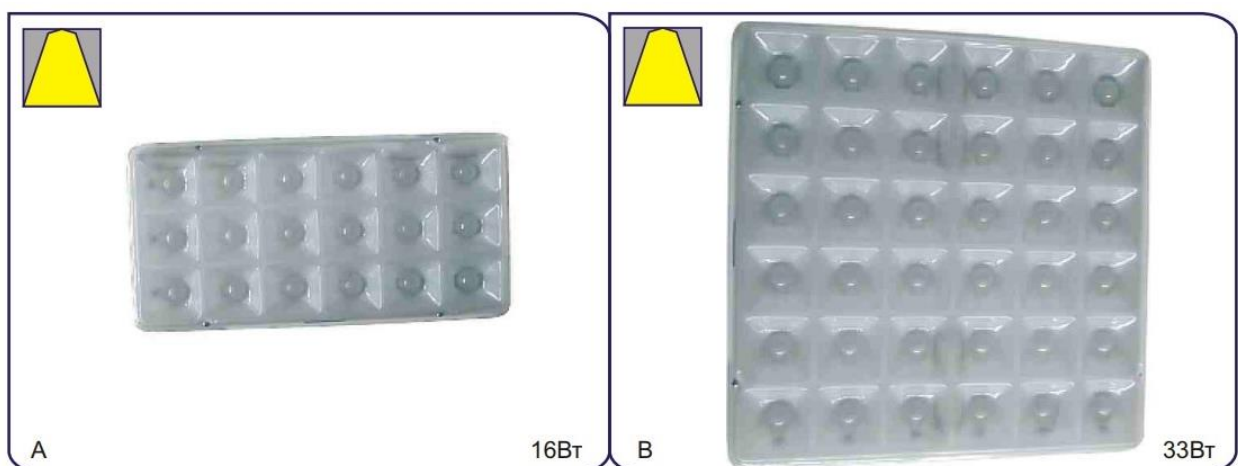
- + економічні;
- + хороша світловіддача;
- + різноманітність відтінків світла;
- + розсіяне світло;
- + тривалий термін служби.

Недоліки:

- екологічно небезпечні, через вміст у своєму складі ртуті;
- мерехтіння лампи з подвоєною частотою мережі живлення;
- ненадійна робота температурах нижче  $-10^{\circ}\text{C}$ ;
- наявність шкідливих речовин (пари ртуті);
- необхідність дотримуватися витрат на утилізацію.

Відповідно до проекту системи освітлення 2-го поверху адміністративної будівлі використано:

- 41 світильник типу ДВО27У-33-001 по 33Вт (по 4290Лм);
- 22 світильники типу ДВО27У-16-001 по 16Вт (по 2080Лм)



$$\text{Сумарний світловий потік } \Phi_{\Sigma LED} = (41 \cdot 4290) + (22 \cdot 2080) = 221650 \text{ Лм}$$

$$\text{Сумарна потужність } P_{\Sigma LED} = (41 \cdot 33) + (22 \cdot 16) = 1705 \text{ Вт}$$

Середня світловіддача використаних світлодіодних приладів

$$K_{LED} = \frac{\Phi_{\Sigma LED}}{P_{\Sigma LED}} = \frac{221650}{1705} = 130 \text{ Лм/Вт}$$

Прийняті до розрахунку дані по використаним у проекті світильникам надаються виробником конкретно під цей світильник, та були отримані ним в результаті лабораторних випробувань заводських умовах.

Також слід зазначити, що при використанні одних і тих самих світлодіодів у різних за конструкцією світильниках на величину світловіддачі буде впливати наявність і світловідбивача і світлорозсіювача.

Світлорозсіювачі можуть мати призматичні елементи для покращення розсіяння світлового потоку, можуть бути виготовлені з різних матеріалів (скло, полікарбонат, полістирол і т.д.), також можуть бути прозорими або матовими.

Світловідбивачі також можуть впливати на величини і напрями світловіддачі, так як можуть бути наявні в конструкції світильника, а можуть бути і відсутні, також вони можуть мати спеціальну форму для більшого скупчення світлового потоку (направлене світло) та навпаки більшого розсіяння (розсіяне світло). Дуже багато характеристик світлорозсіювача та світловідбивача впливають на загальну величину світлової віддачі світильника та індивідуальні для кожного світлотехнічного виробу.

Обрахуємо необхідну потужність освітлювальних приладів з люмінесцентними лампами для освітлення аналогічної площі приміщень.

Для прикладу, в розрахунок приймемо параметри і ціни широко розповсюджених на ринку світлотехнічних пристроїв з мережі Інтернет.

Наприклад, світильники люмінесцентні типу ЛВО-4x18-РАСТР (вбудованого монтажу) та світильники ЛПО-2x18-ОПАЛ (накладний монтаж). В якості джерел світла використаємо в розрахунок люмінесцентні газорозрядні ртутні лампи низького тиску з трубчастою колбою типу TL-D 18W/54-765 G13 T8 STANDARD світового виробника електротехнічної продукції **Philips**.

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73



### PHILIPS 18W/54-765 G13 2 FEET

Основні характеристики джерела світла:

Діаметр D: 26 mm

Індекс передачі кольору: 72 Ra8

Колба: T8 – трубчаста, скляна колба, матеріал колби: Скло

Кольорова температура: 6500 К – холодний денний

Потужність джерела: 18 W

Світловий потік\*: 1080 Lm

Середній термін служби, год.: 8000

Необхідна кількість ламп для створення однакової з розрахованими в програмі DIALux величини світлового потоку як для світлодіодних

світильників  $\Phi_{\Sigma LED} = 221650 \text{ Лм}$  при  $\Phi_{\text{ЛЛ}} = 1080 \text{ Лм}$

$$N_{\text{ЛЛ}} = \frac{\Phi_{\Sigma LED}}{\Phi_{\text{ЛЛ}}} = \frac{221650}{1080} = 205,23 \approx 206 \text{ ламп}$$

Сумарна потужність  $P_{\Sigma \text{ЛЛ}} = 206 \cdot 18 = 3708 \text{ Вт}$

Середня світловіддача використаних люмінесцентних приладів

$$K_{\text{ЛЛ}} = \frac{\Phi_{\Sigma \text{ЛЛ}}}{P_{\Sigma \text{ЛЛ}}} = \frac{206 \cdot 1080}{3708} = 60 \text{ Лм/Вт}$$

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Для подальшого порівняння остаточно приймаємо 41 світильник типу ЛВО-4x18-РАСТР (по 4 лампи TL-D 18W/54) та 21 світильник типу ЛПО-2x18-ОПАЛ (по 2 лампи TL-D 18W/54)

Розподіл ламп по світильникам  $206 = (41 \cdot 4) + (21 \cdot 2) = 3708 \text{ Вт}$

Вартість світильників, які встановлюються ( $C_{\text{св}}$ ), визначається по формулі:

$$C_{\text{св}} = (C_{\text{с}} + C_{\text{л}} * n) * N,$$

де  $C_{\text{с}}$  – ціна одного світильника, грн.;

$C_{\text{л}}$  – ціна однієї лампи, грн.;

$N$  – кількість світильників, шт.

Використовуючи дані Internet та прайс-листи знаходимо ціну необхідних нам світильників та ламп для них:

- Ціна світильника ДВО27У-33-001  $\approx 3500$  грн; (40000 годин)
- Ціна світильника ДВО27У-16-001  $\approx 2700$  грн; (40000 годин)
- Ціна люмінесцентної лампи TL-D 18W/54  $\approx 120$  грн; (8000 годин)
- Ціна світильника під люмінесцентні лампи 4x18Вт  $\approx 1100$  грн;
- Ціна світильника під люмінесцентні лампи 2x18Вт  $\approx 650$  грн;

Сумарна вартість всіх світильників кожного виду:

$$C_{\text{СЛ}} = 41 * 3500 + 22 * 2700 = 202900 \text{ грн},$$

$$C_{\text{ЛЛ}} = 41 * 1100 + 21 * 650 + 206 * 120 = 83470 \text{ грн},$$

Вартість монтажу світильників дуже плаваюча величина, вона залежить окрім складу робіт так і від виконавців. Тому цю величину не будемо брати до уваги.

Кількість електричної енергії, що споживається за рік ( $K$ ), визначається по формулі:

$$K_{\text{еє}} = T * N_{\text{світ}} * P_{\text{світ}}$$

де  $T$  – час роботи, годин, прийmemo час 40000 годин;

$P_{\text{світ}}$  – потужність, що споживається світильником з мережі, кВт.

					<i>MP 5.8.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Розрахуємо спожиту електроенергію кожного виду світильників

$$K_{eeLED} = 1705 * 40000 = 68200 \text{ кВт/год},$$

$$K_{eeЛЛ} = 3708 * 40000 = 148320 \text{ кВт/год},$$

Вартість електричної енергії, що споживається світильниками за час  $T=50000$  годин, визначається по формулі:

$$C_{EE} = K * C_{ел}$$

де  $C_{ел}$  – ціна на електричну енергію для підприємств, при 2-му класі напруги складається з трьох складових – передача від ПРАТ «НЕК Укренерго» (0,52857 грн/кВт\*год), розподіл в мережах ОСР (для АТ «Сумиобленерго» 2,24343 грн/кВт\*год) та власне ціни самої електроенергії на ринку (на 30.09.2024 – 5,41899 грн/кВт\*год). Таким чином повна ціна на електричну енергію:

$$C_{EE} = 0,52857 + 2,24343 + 5,41899 \approx 8,19 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год}$$

За такої ціни – вартість спожитої електроенергії кожним з видів освітлення за час  $T=40000$  годин

$$C_{EELED} = 68200 * 8,19 \approx 0,558 \text{ млн. грн}$$

$$C_{EEЛЛ} = 148320 * 8,19 \approx 1,215 \text{ млн. грн}$$

Враховуючи заявлений виробником світлодіодних світильників час роботи не менше 50000 годин, візьмемо в розрахунок величину 40000 годин, як надійний час роботи світлодіодних світильників, і оцінимо витрати по експлуатації світильників саме за такий проміжок часу.

Середній термін служби люмінесцентних ламп - 8000 год.

Витрата люмінесцентних ламп за період часу 40000 год складе  $40000/8000=5$  шт

Економічні витрати по заміні люмінесцентних ламп за час 40000 годин:

$$C_{замЛЛ} = 206 * 5 * 120 = 123600 \text{ грн}$$

Для світлодіодних світильників заміна протягом 40000 годин не передбачається, тому  $C_{замLED} = 0$  грн.

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повні витрати по впровадженню кожного з варіантів робочого освітлення приміщень другого поверху адміністративної будівлі:

$$V_{\text{пов}} = C_{\text{св}} + C_{\text{ЕЕ}} + C_{\text{зам}}$$

$$V_{\text{повLED}} = 202900 + 558000 + 0 = 760\,900 \text{ грн}$$

$$V_{\text{повЛЛ}} = 83470 + 1215000 + 123600 = 1\,422\,070 \text{ грн}$$

Економія за період 40000 годин при використанні світлодіодних світильників замість світильників з люмінесцентними лампами, складає:

$$EK_{40000}^{\text{ЛЛ-LED}} = V_{\text{повЛЛ}} - V_{\text{повLED}} = 1422070 - 760900 = 661\,170 \text{ грн}$$

Таблиця 8.2 – Порівняння економічних показників джерел світла

Порівняння економічних показників джерел світла	Світлодіодні ДВО27У-33-001 ДВО27У-16-001	Люмінесцентні ЛВО-4x18-РАСТР ЛПО-2x18-ОПАЛ
Кількість світильників	41+22	41+21
Встановлена потужність, кВт	1,705	3,708
Сумарна вартість світильників з лампами, тис.грн	202900	83470
Вартість електроенергії за 40000 годин, грн	558000	1215000
Витрати на експлуатацію за 40000 годин, грн	0	123600
Повні витрати на освітлення за 40000 годин, грн	760900	1422070
Економічна вигода за 40000 годин, грн	661170	-
Економія у вираженні за рік, при 262 робочих дня у році по 8 робочих годин (2096 роб. годин у 2024 році) (40000/2096=19 років), грн/рік	34645	-

Таким чином, ми бачимо, що повні витрати по варіанту освітлення з люмінесцентними лампами більші у порівнянні з варіантом освітлення світлодіодними світильниками типу ДВО27У-001.

Додатково слід звернути увагу, що в даному розрахунку не враховані витрати на ревізію та заміну пускової апаратури для люмінесцентних ламп та на утилізацію відпрацьованих ламп, що суттєво збільшить суму експлуатаційних витрат по такому варіанту.

Враховуючи проведений аналіз, можна остаточно підтвердити використання світлодіодних світильників типу ДВО27У-001 (виробництва «Корпорація ВАТРА» м. Тернопіль) для робочого освітлення другого поверху адміністративної будівлі.

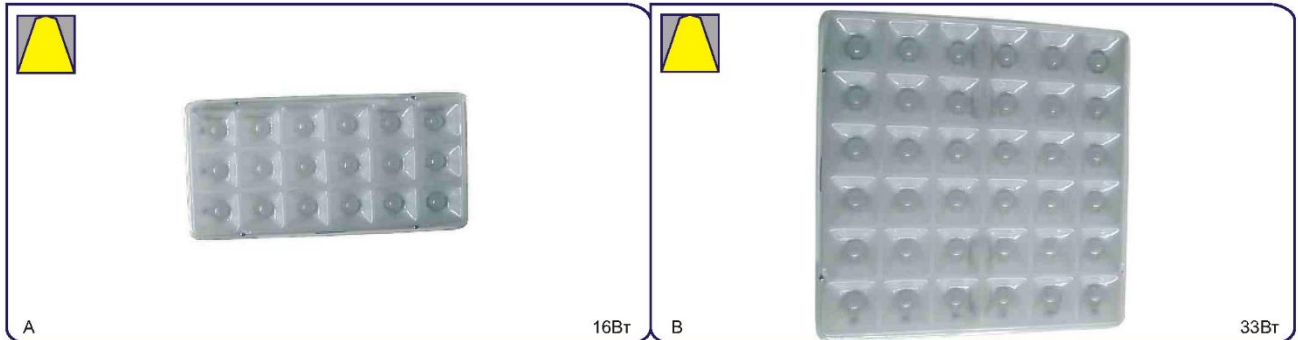
# ДВО27У Юпітер-LED-2

Корпорація ВАТРА • <http://vatra.ua> • каталог 2024

ТУ У 27.4-33680115-055:2013



джерело світла і потужність, Вт..... світлодіоди • 16, 33  
 напруга живлення номінал., В..... 220 АС; за запитом 12 DC, 24 DC, 220 DC  
 ступінь пиловологозахисту..... IP20  
 клас електрозахисту..... I  
 механічна стійкість..... M1  
 корельована колірна температура (CCT)..... 3000К, 4000К  
 індекс кольоропередачі (Ra)..... >80  
 коефіцієнт потужності (PF)..... 0,95  
 температура навколишнього середовища..... -20°С...+40°С (УХЛ4)



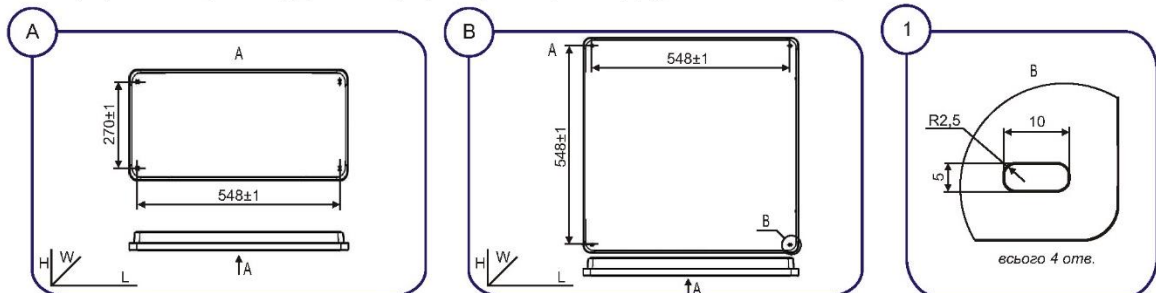
Для загального освітлення приміщень навчально-освітнього спрямування (аудиторії, навчальні кабінети, бібліотеки, читальні зали, дитячі дошкільні класи і т.п.), а також в адміністративних, офісних, комерційних, громадських і медичних закладів.

Корпусна деталь - монтажна панель: листовая сталь.  
 Корпусна деталь - світлопропускний захисний елемент: матовий світлостабілізований полікарбонат.  
 Апаратура управління: вбудоване ЕДЖ.  
 Джерело світла: світлодіоди Osram або LG.

Комплектація: світильник з світлодіодним джерелом світла.

## ОСОБЛИВОСТІ:

- спеціальний матеріал корпусної деталі - світлопропускаючого захисного елемента - матовий світлостабілізований полікарбонат, який забезпечує необхідну рівномірність світлорозподілу, створює якісне і комфортне освітлення з мінімальними оптичними втратами і низькою зоровим навантаженням;
- за запитом: робоча напруга постійного струму 12В, або 24В, або 220В;
- енергоекономні світлодіоди - клас енергоефективності «А++»;
- електронні компоненти та світлодіоди виключно провідних світових виробників;
- плавне включення, а також захист від перегріву і перегорання дозволяє продовжити термін служби світлодіодів;
- атмосферостійкий - має тривалий термін служби;
- світильники розроблено в рамках Державної програми розвитку світлодіодного освітлення України.



## МОНТАЖ:

- в отвір підвісної стелі
- на опорну поверхню або монтажний профіль - шурупами, різьбовими шпильками, гвинтами або болтами

ЕЛЕКТРОПІД'ЄДНАННЯ: індивідуальне кабелем Ø до 10мм (перетин жил 1,5...2,5мм<sup>2</sup>) або проводами перетином жил 1,5...2,5мм<sup>2</sup>

Приклад для замовлення: **ВАТРА ДВО27У-33-002 УХЛ4 Юпітер-LED-2**

розшифрування модифікації:

- 1 цифра • 0 - габаритні розміри 596x596 або 596x320
- 2 цифра • 1 - ККТ 4000К (білий)
- 3 цифра • 2 - ККТ 3000К (теплі білий)

Рис.	Тип світильника	Напруга, В	Ступінь захисту	Потужність, Вт ±5%	Світловий потік, лм ±5%	Тип КСС - Кут	Габарити, LxWxH, мм	Маса, кг ±10%
A	ДВО27У-16-001 Юпітер-LED-2	220 АС	IP20	16	2080	Д - 120°	596x320x54	1,6
A	ДВО27У-16-002 Юпітер-LED-2	220 АС	IP20	16	2080	Д - 120°	596x320x54	1,6
B	ДВО27У-33-001 Юпітер-LED-2	220 АС	IP20	33	4290	Д - 120°	596x596x54	2,8
B	ДВО27У-33-002 Юпітер-LED-2	220 АС	IP20	33	4290	Д - 120°	596x596x54	2,8

Арк.

MP 5.8.14.1.288 ПЗ

78

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Щодо варіанту зі світлодіодними джерелами світла є один мінус – при впровадженні системи, на етапі закупівлі обладнання, капіталовкладень необхідно більше – 202900 грн на відміну від 83470 грн при люмінесцентних лампах, тобто початкові затрати більші в  $202900/83470 = 2,43$  рази

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79



## Висновки

В результаті виконання даної роботи отримано розрахунок параметрів проєктованої системи електропостачання другого поверху адміністративної будівлі АТ «Сумиобленерго».

Розраховані навантаження на двох рівнях системи електропостачання. Основні споживачі електроенергії – офісне обладнання, адміністративно-побутові прилади та кондиціонери. Для урахування навантаження системи робочого освітлення в програмі DIALux проведено моделювання приміщень другого поверху адміністративної будівлі АТ «Сумиобленерго» та визначено кількість освітлювальних приладів для забезпечення необхідних рівнів освітленості робочих площин приміщень відповідно до їх призначення. Величина встановленої потужності системи освітлення використана при розрахунках електричних навантажень

Проведено перевірку існуючої кабельної лінії живлення КЛ-0,4кВ від існуючої РУ-0,4кВ існуючої КТП. Існуючий кабель типу ВВГнгд-5х25 L=28м від існуючого автоматичного вимикача  $I_{ном}=125\text{А}$  в РУ-0,4кВ (у підвальному приміщенні адміністративної будівлі) до ввідного автоматичного вимикача  $I_{ном}=100\text{А}$  у проєктованому поверховому розподільчому щиті ЩРП2, що встановлюється в приміщенні №19 (коридорі) на другому поверсі цієї ж будівлі.

Проведено вибір та перевірка кабелів у розподільчій мережі від поверхового щита ЩРП2 до споживачів на 2-му поверсі.

Розподільча мережа запроектована кабелями марки ВВГнгд-1,0 – силовими кабелями з мідними струмопровідними жилами з ПВХ ізоляцією в зовнішній загальній оболонці з ПВХ пластикату пониженої горючості та зниженого димогазовиділення. Перерізи жил окремих ліній відповідають розрахованим груповим навантаженням та одиничним навантаженням окремих споживачів.

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З урахуванням електричних параметрів проєктованих кабелів розподільчої мережі та існуючої кабельної лінії та існуючих автоматичних вимикачів та існуючого силового трансформатора, з урахуванням попереднього вибору комутаційних апаратів, розраховано трифазні та однофазні струми короткого замикання на другому і третьому рівнях системи електропостачання.

Використовуючи отримані величини струмів КЗ та параметри розрахованих навантажень перевірено попередньо обрані комутаційні апарати на відповідність вимогам надійності спрацювання та захистів.

Значення параметрів автоматичних вимикачів прийняті по виробнику «SCHNEIDER ELECTRIC», що відрізняються високою якістю за доступною ціною.

У розділі охорона праці розглянуто основні моменти питань охорони праці під час роботи в офісних приміщеннях адміністративних будівель.

Також у розділі охорона праці виконано роботу по розрахунку та розташуванню заземлювального пристрою для адмінбудівлі.

В економічній частині роботи виконано порівняльний розрахунок економічного ефекту при використанні світлодіодних світильників та світильників з люмінесцентними лампами. Виграш світлодіодних джерел світла перед світильниками з люмінесцентними джерелами світла – очевидний – 34645 грн/рік перед люмінесцентними лампами (при кількості робочих годин 2096 год/рік (на прикладі 2024 року)).

Єдиний мінус варіанту зі світлодіодними джерелами світла –на етапі закупівлі обладнання при впровадженні системи необхідний суттєво більший об'єм початкових вкладень коштів: 202900 грн на відміну від 83470 грн (при при ЛЛ).

Значить у  $\frac{202900}{83470} = 2,43$  рази більше від люмінесцентних ламп.

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаних джерел

1. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х.: Видавництво «Форт», 2017. 760 с.
2. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. 280 с.
3. Василега П.О. Електропостачання: підручник. – Суми: СумДУ, 2019. 521 с.
4. ДБН В.2.5-23:2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 104 с.
5. ВАТРА. Промислове освітлення, світильники для виробничих приміщень [Електронний ресурс]. URL: <https://vatra.in.ua/catalog/promyslove-osvitlennia/>.
6. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. – Київ: Мінрегіон України, 2018. 133 с.
7. Маліновський, А.А., Хохулін Б.К. Основи електропостачання. Навч. посіб. – Львів: Вид-во Національного ун-ту «Львівська політехніка», 2005. 324 с.
8. ДБН В.2.2-9:2018 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. Зі Зміною №1. Київ: Міністерство розвитку громад та територій, 2022. 43 с.
9. Навчальний посібник до розділу «Охорона праці» в магістерських кваліфікаційних роботах для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка : навч. посіб. / Бондаренко Є. А., Кутін В. М., Лежнюк П. Д. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 120 с.
10. 3423 Методичні вказівки до виконання дипломних проектів (робіт) [Текст] : для студ. спец. 7.05070103 "Електротехнічні системи електроспоживання" усіх форм навчання / І. Л. Лебединський, С. М. Лебедка, В. І. Романовський, В.С. Ноздренков, М.В. Петровський. – Суми : СумДУ, 2013. 59 с.

					MP 5.8.14.1.288 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

11. СОУ-Н ЕЕ 40.11-21677681-48:2011 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі напругою до 1кВ електростанцій та підстанцій з урахуванням впливу електричної дуги. Методичні вказівки. – Київ: Об'єднання енергетичних підприємств «Галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики», 2011. – 80 с.
12. Вільна енциклопедія «Вікіпедія» [Електронний ресурс]. – електронний. Журн. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/>
13. Загальний огляд продукції Acti9 виробника «Schneider Electric» [Електронний ресурс]. – електронний. Журн. – Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/product-range/7661-acti9/#overview>

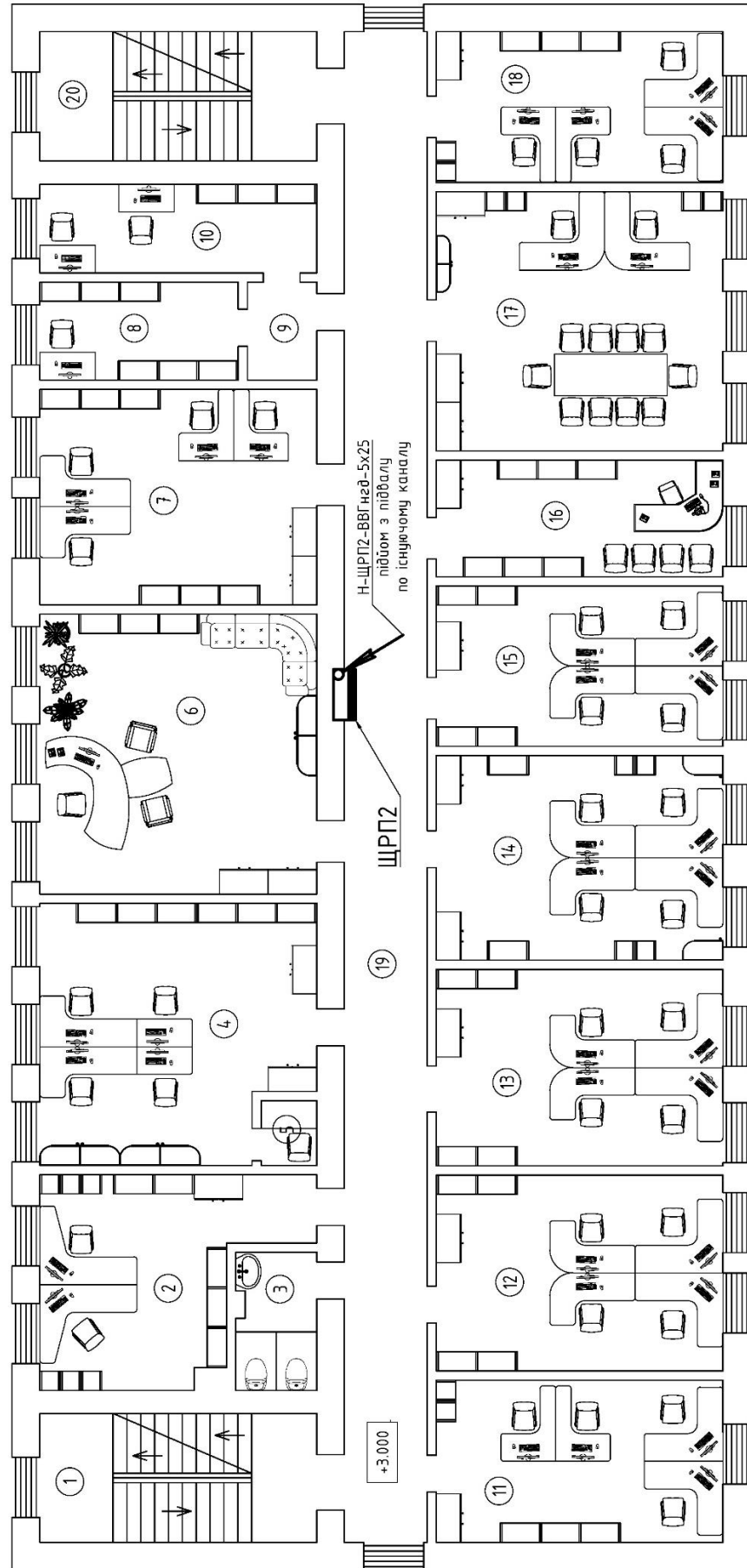
					<i>MP 5.8.14.1.288 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		83

**ДОДАТКИ**

					<i>MP 5.8.141.288 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		84

# Додаток 1 – План розташування робочих місць

План розташування робочих місць, розташування щита ЩРП2 та вихід кабеля живлення з підвалу



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

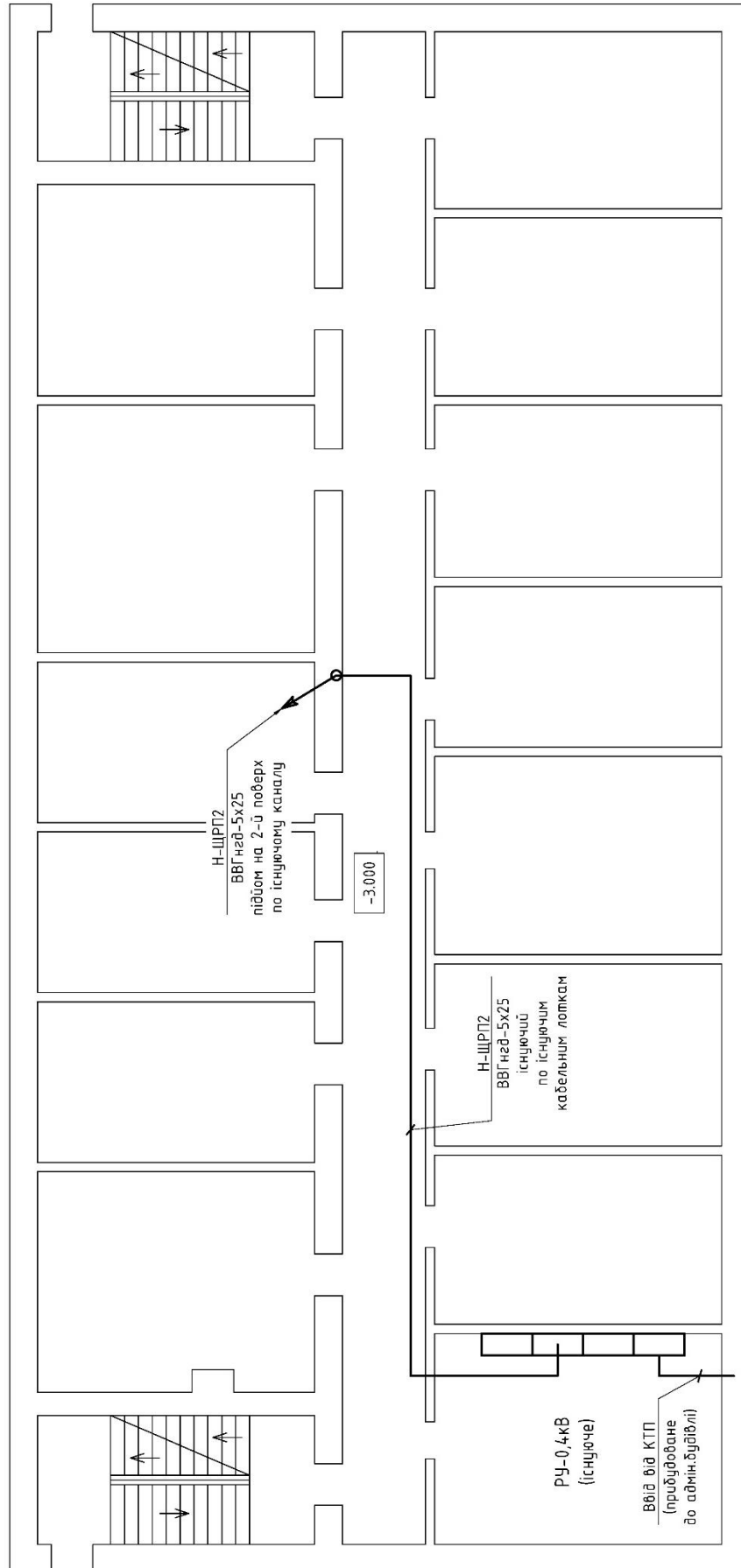
MP 5.8.14.1.288 ПЗ

Арк.

85

## Додаток 2 – План мережі живлення

План розташування мережі живлення у підвальних приміщеннях



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

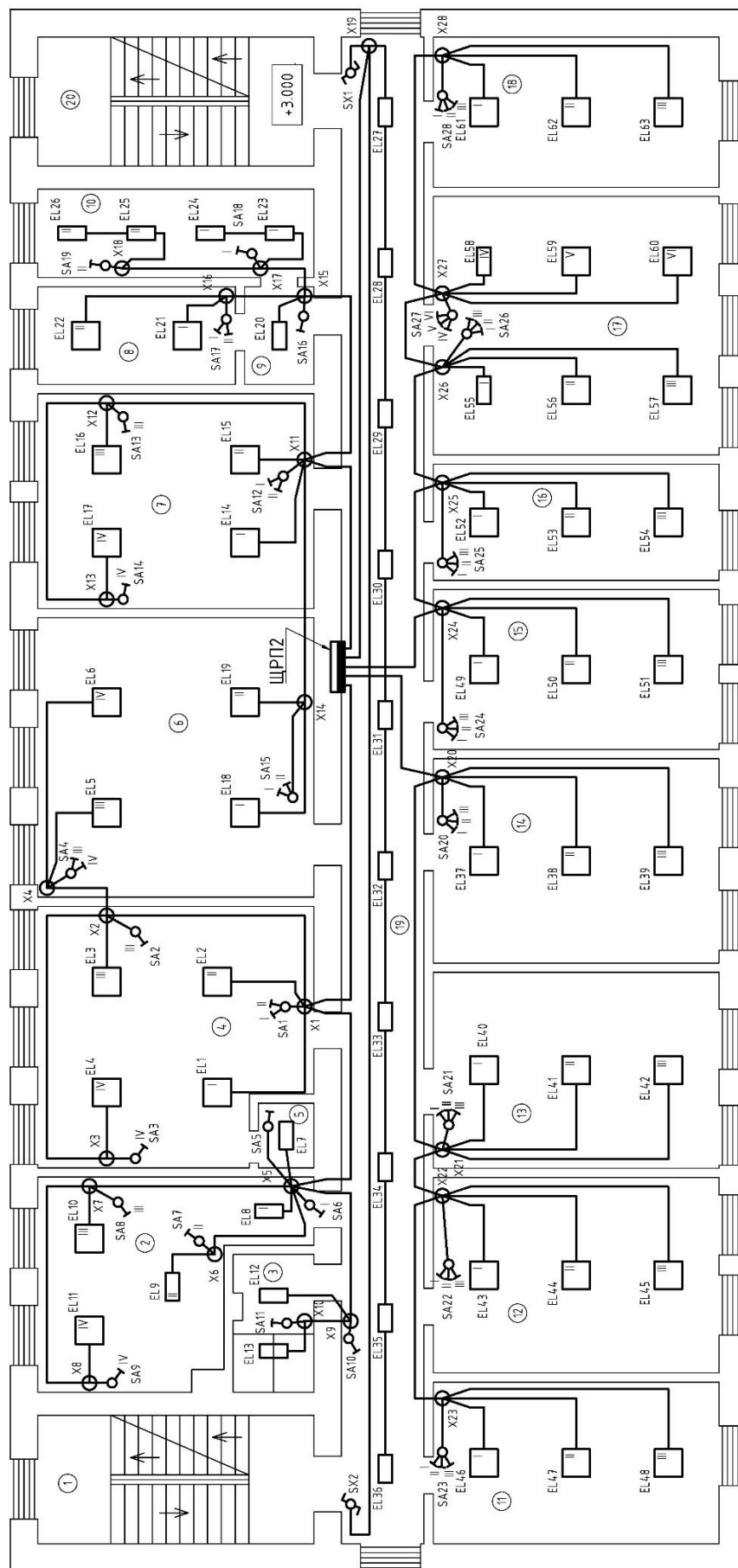
MP 5.8.14.1.288 ПЗ

Арк.

86

# Додаток 3 – План мережі освітлення

План розташування мережі освітлення



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.288 ПЗ

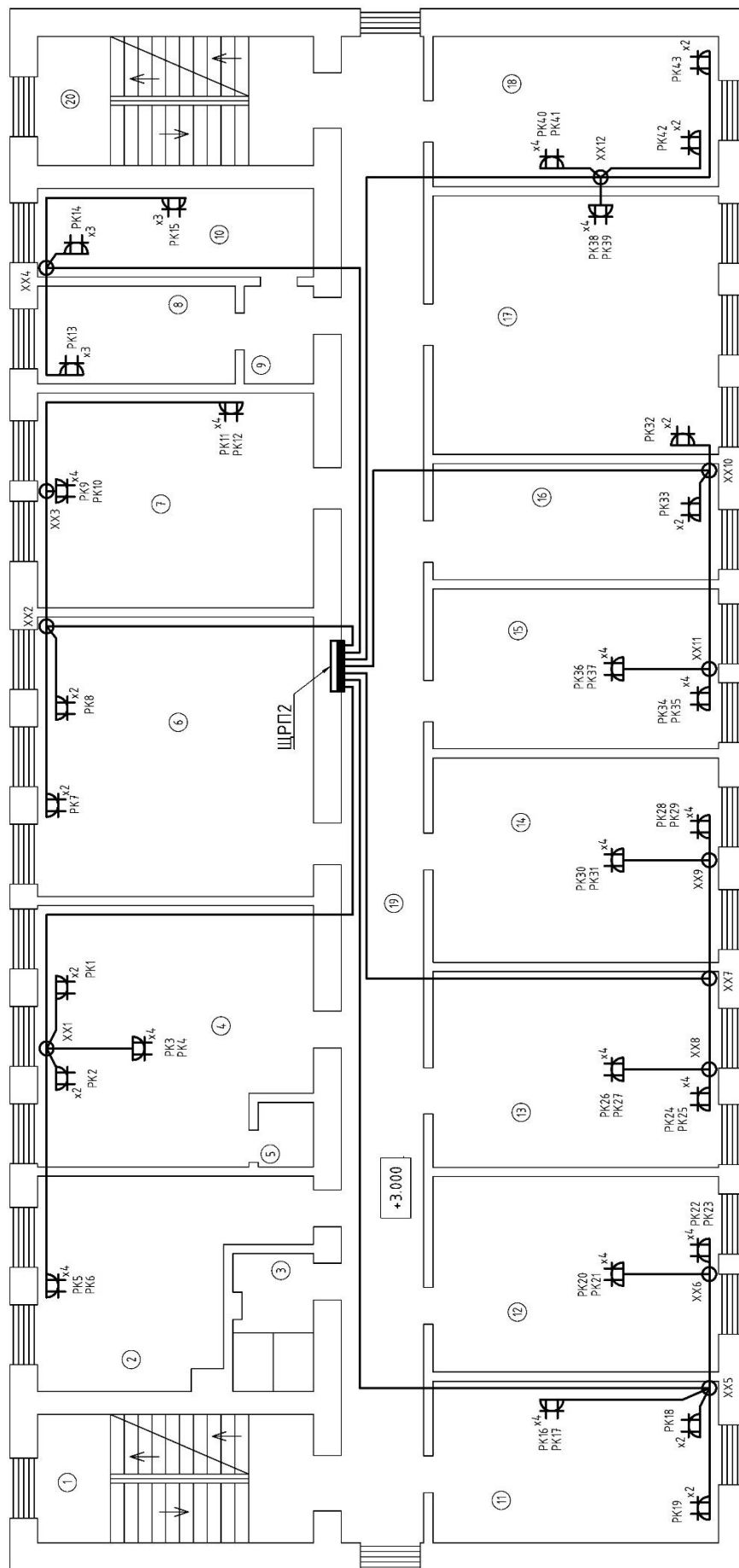
Арк.

87



# Додаток 4 – План мережі комп'ютерних розеток

План розташування мережі комп'ютерних розеток



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

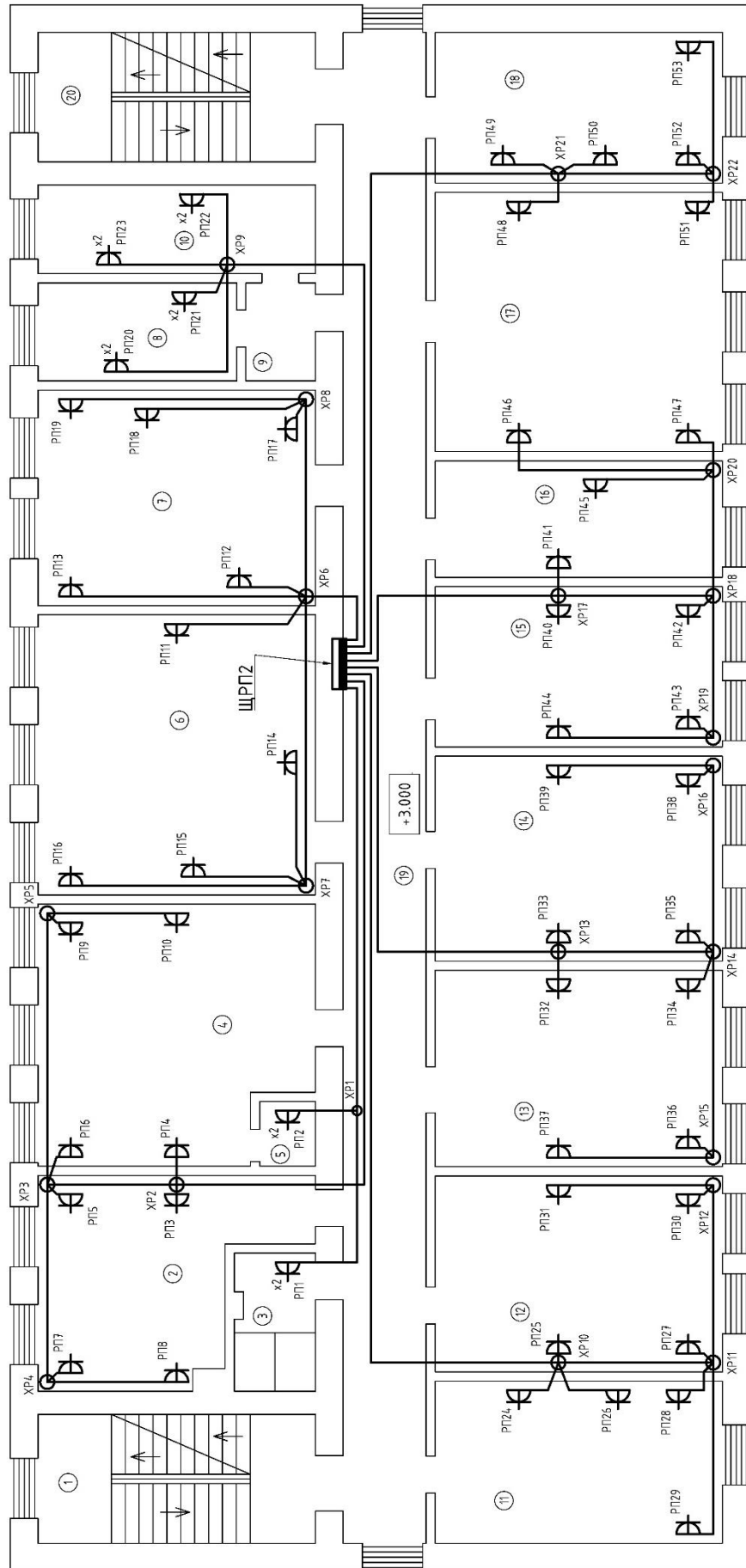
MP 5.8.14.1.288 ПЗ

Арк.

88

# Додаток 5 – План мережі побутових розеток

План розташування мережі побутових розеток



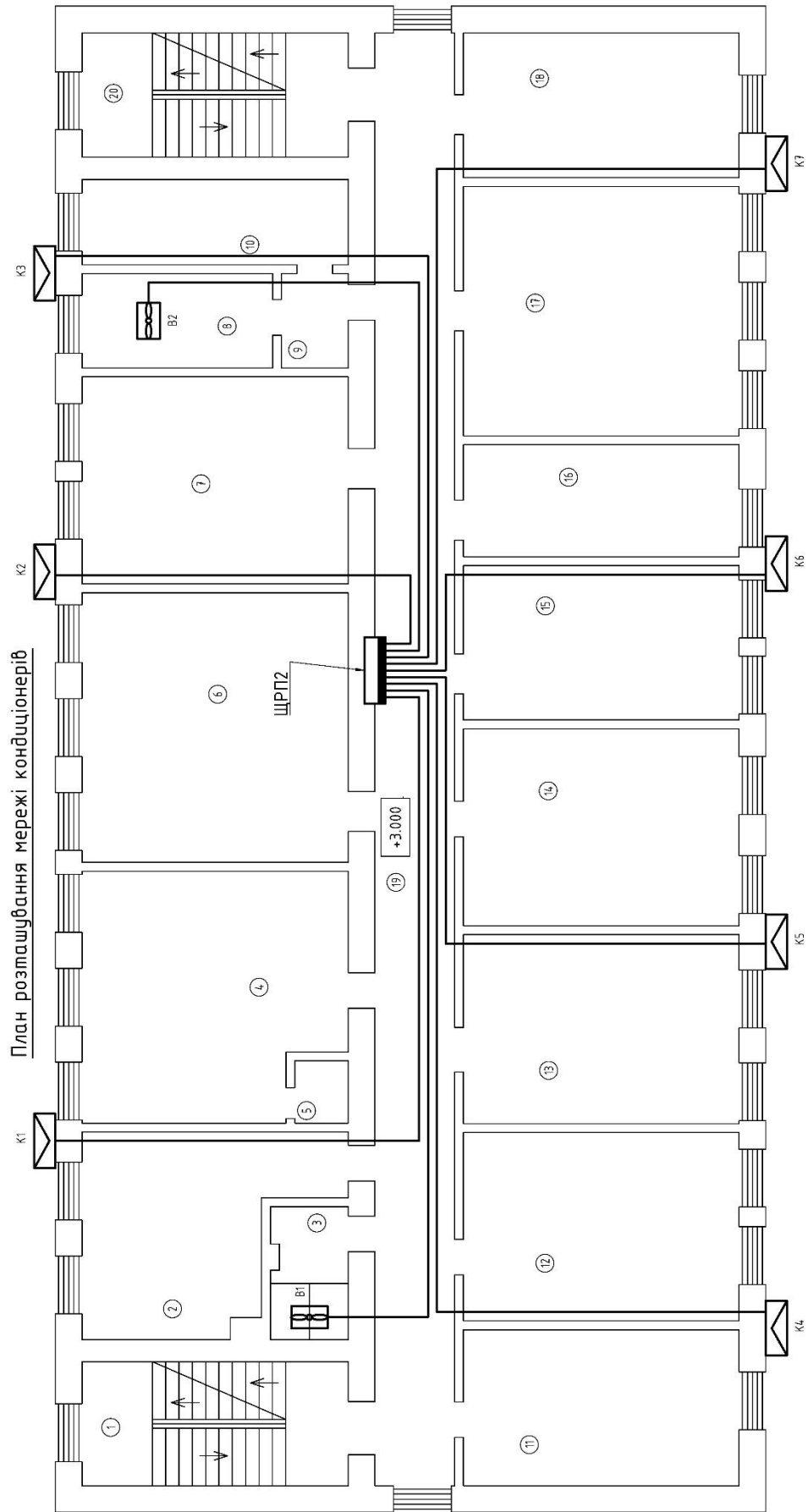
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.288 ПЗ

Арк.

89

# Додаток 6 – План мережі кондиціонерів



План розташування мережі кондиціонерів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

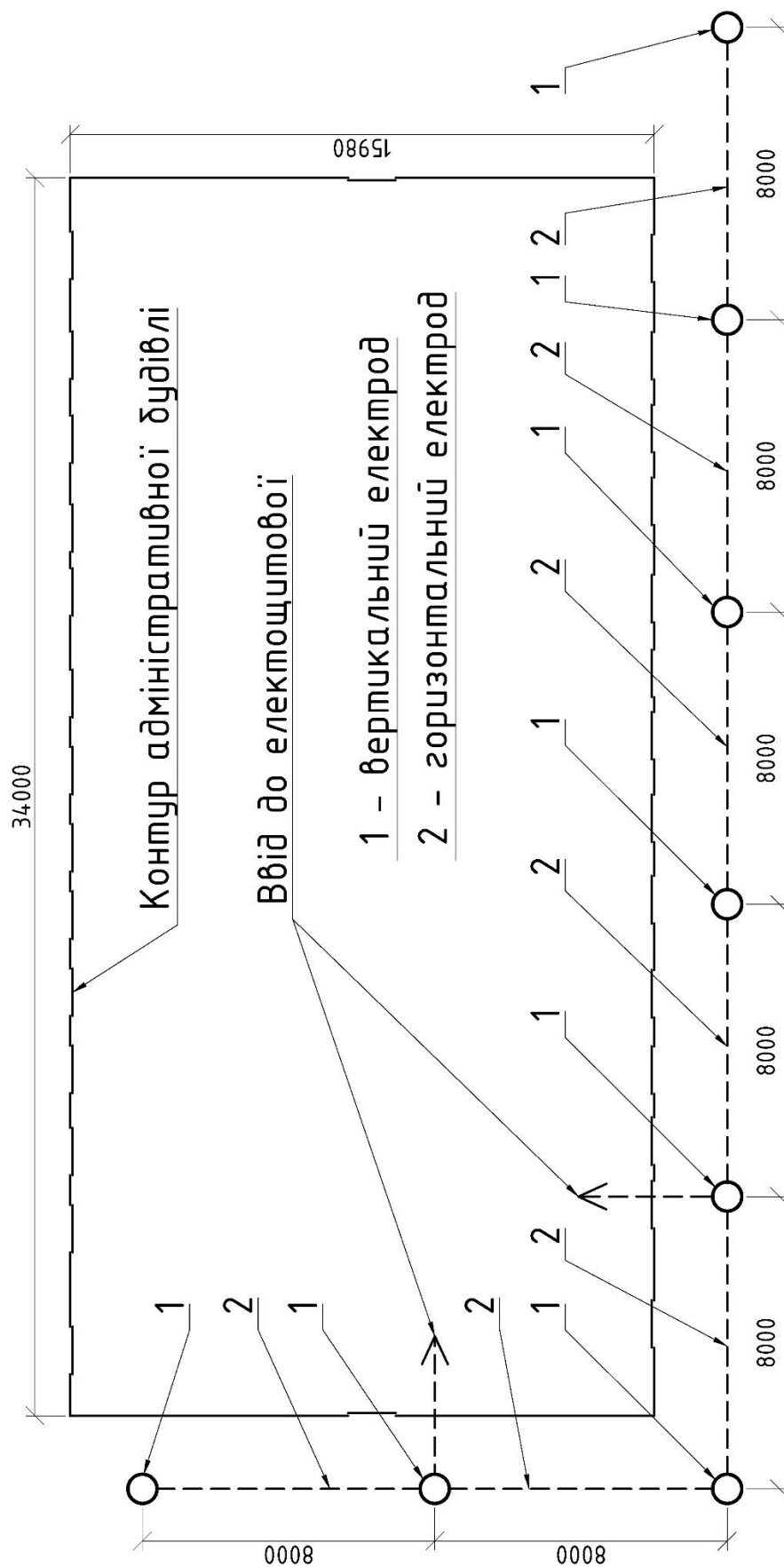
MP 5.8.14.1.288 ПЗ

Арк.

90

Додаток 7 – План заземлення

План розташування заземлюючого пристрою



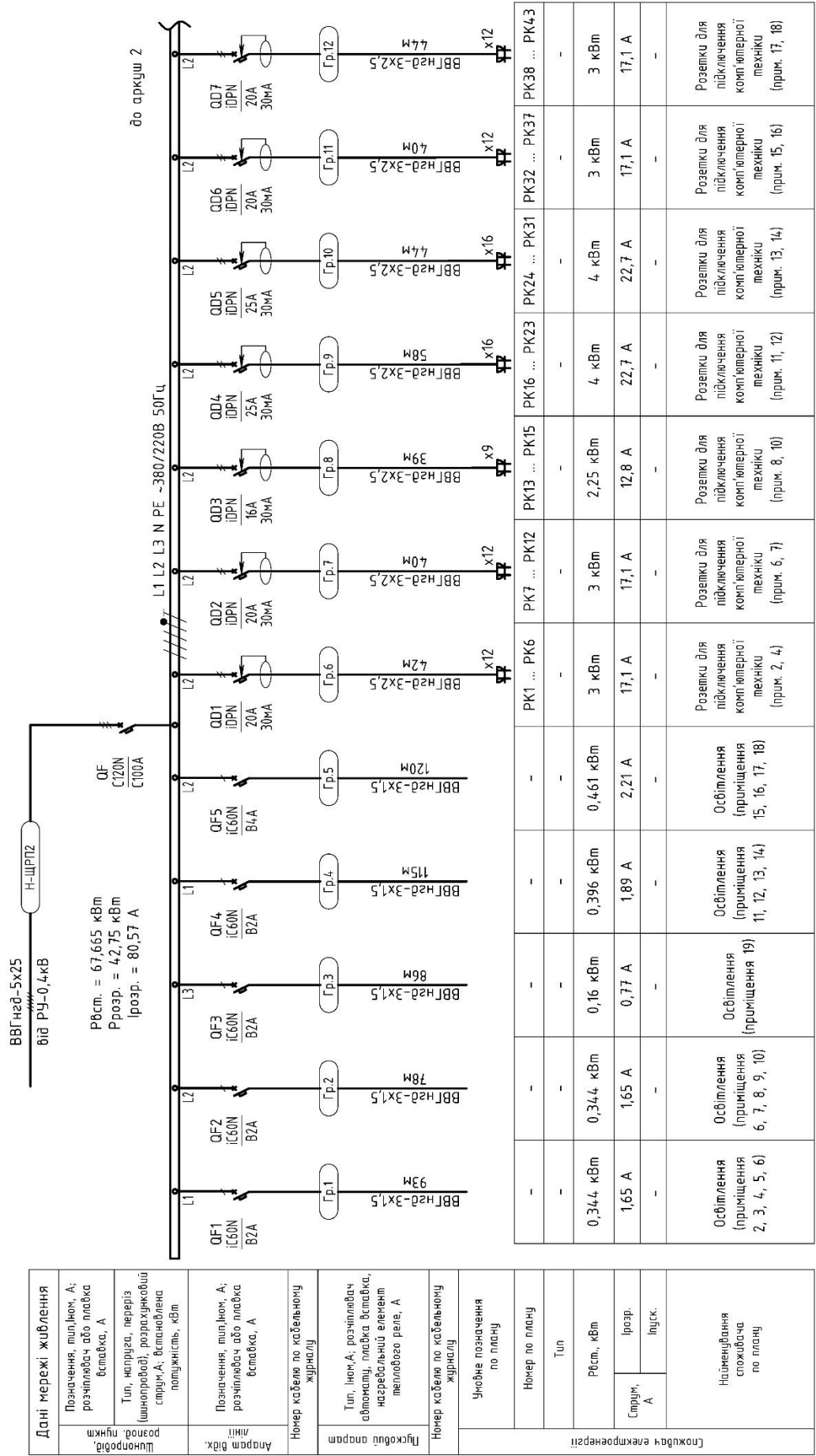
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.288 ПЗ

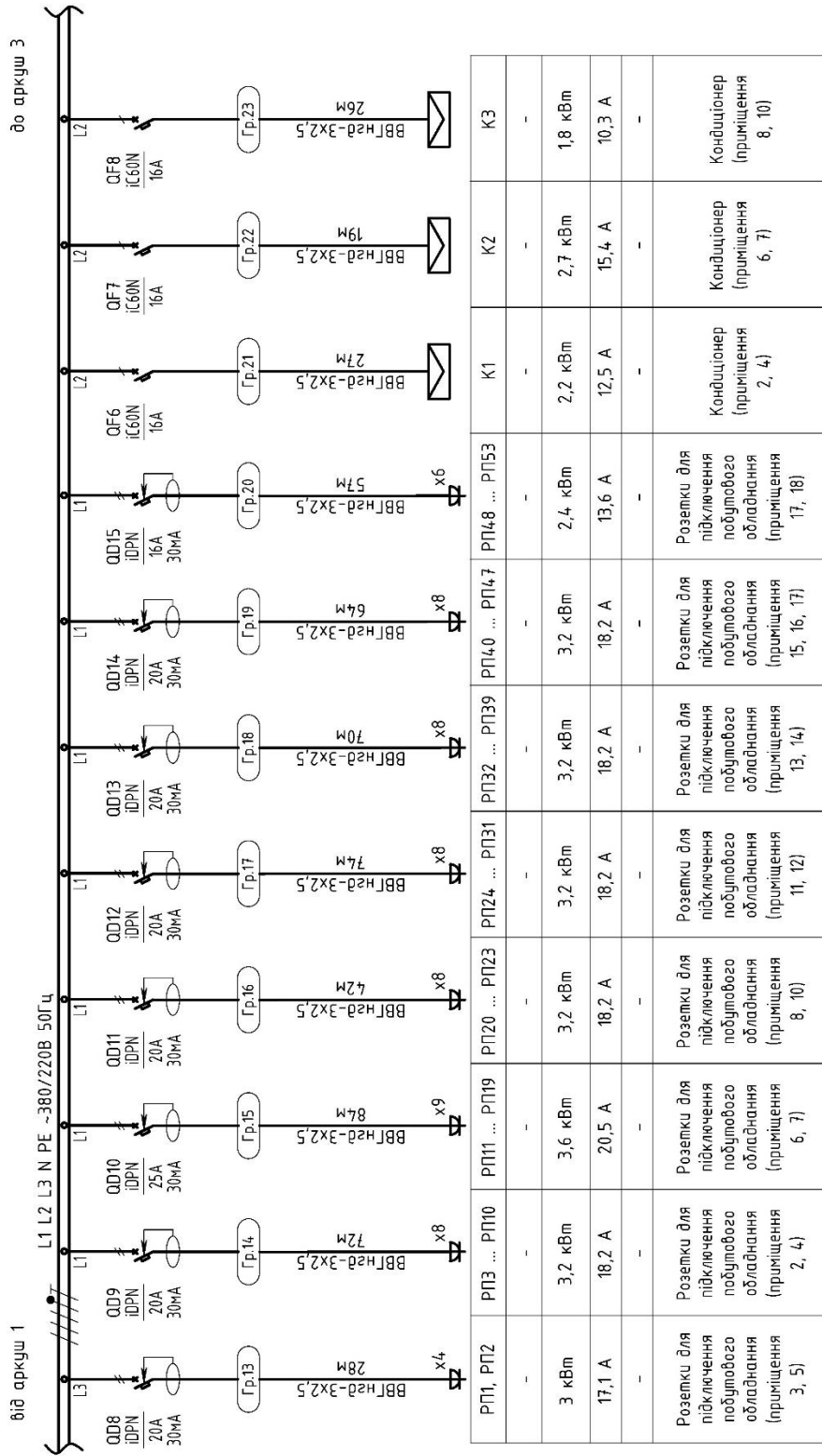
Арк.

91

# Додаток 8 – Схема електрична принципова щита ЩРП2 (початок)



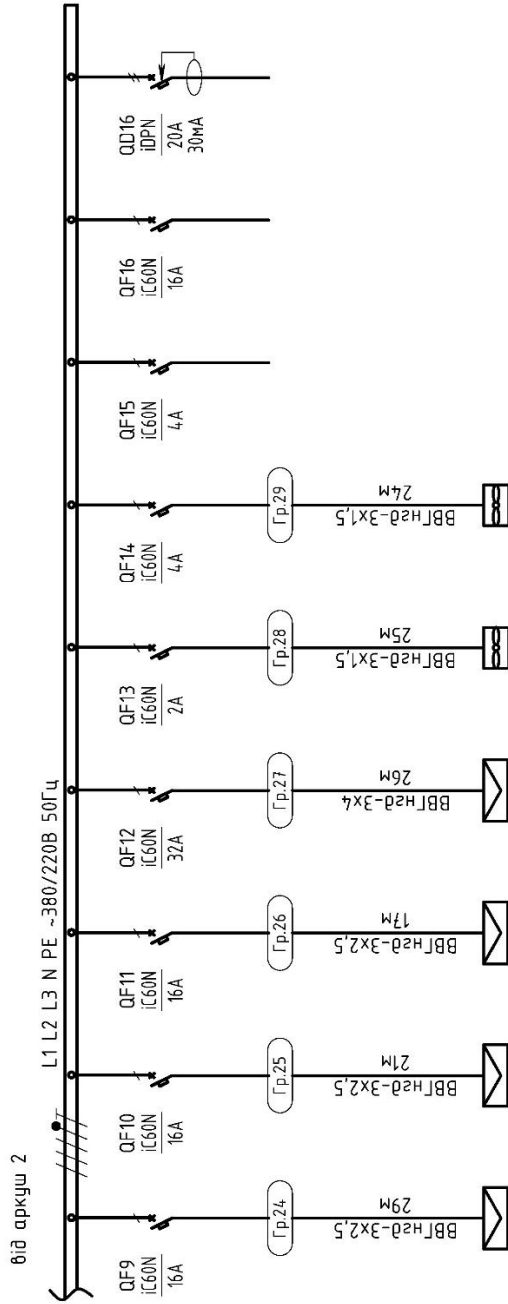
# Додаток 9 – Схема електрична принципова щита ЩРП2 (продовження)



Дані живильної мережі	Позначення, тип, ном. А; розчилювач або плавка вставка, А	
	Тип, напруга, переріз (шнуровий), розрахунковий струм А; встановлена потужність, кВт	
Апарат відк. лінії	Позначення, тип, ном. А; розчилювач або плавка вставка, А	
Номер кабелю по кабельному журналу		
Лінійний апарат	Тип, ном. А; розчилювач автомат. плавка вставка, нагрівальний елемент теплового реле, А	
Номер кабелю по кабельному журналу		
Умовне позначення по плану		
Номер по плану		
Тип		
Рдст., кВт		
Ррозр., кВт		
Спруч., А		
Інст.		
Найменування споживача по плану		

КЗ	-	-	1,8 кВт	10,3 А	-	Кондиціонер (приміщення 8, 10)
К2	-	-	2,7 кВт	15,4 А	-	Кондиціонер (приміщення 6, 7)
К1	-	-	2,2 кВт	12,5 А	-	Кондиціонер (приміщення 2, 4)
РП4.8 ... РП5.3	-	-	2,4 кВт	13,6 А	-	Розетки для підключення побутового обладнання (приміщення 17, 18)
РП4.0 ... РП4.7	-	-	3,2 кВт	18,2 А	-	Розетки для підключення побутового обладнання (приміщення 15, 16, 17)
РП3.2 ... РП3.9	-	-	3,2 кВт	18,2 А	-	Розетки для підключення побутового обладнання (приміщення 13, 14)
РП2.4 ... РП3.1	-	-	3,2 кВт	18,2 А	-	Розетки для підключення побутового обладнання (приміщення 11, 12)
РП2.0 ... РП2.3	-	-	3,2 кВт	18,2 А	-	Розетки для підключення побутового обладнання (приміщення 8, 10)
РП1.1 ... РП1.9	-	-	3,6 кВт	20,5 А	-	Розетки для підключення побутового обладнання (приміщення 6, 7)
РП3 ... РП10	-	-	3,2 кВт	18,2 А	-	Розетки для підключення побутового обладнання (приміщення 2, 4)
РП1, РП2	-	-	3 кВт	17,1 А	-	Розетки для підключення побутового обладнання (приміщення 3, 5)

# Додаток 10 – Схема електрична принципова щита ЩРП2 (закінчення)



Код	Назва	Тип	Потужність		Примітки
			кВт	А	
K4	Кондиціонер (приміщення 11, 12)	-	2,2	12,5	
K5	Кондиціонер (приміщення 13, 14)	-	2,2	12,5	
K6	Кондиціонер (приміщення 15, 16)	-	1,8	10,3	
K7	Кондиціонер (приміщення 17, 18)	-	5,2	29,6	
B1	Витяжний вентилятор (приміщення 3)	-	0,27	1,7	
B2	Витяжний вентилятор (приміщення 8)	-	0,34	2,1	
	Резерв				
	Резерв				
	Резерв				

Дані живлячої мережі	
Позначення, тип, ном. А, розчіплювач або плавка вставка, А	
Тип, напруга, переріз (шинопробод), розрахунковий струм А, встановлена потужність, кВт	
Позначення, тип, ном. А, розчіплювач або плавка вставка, А	
Апарат відк. лінії	
Номер кабелю по кабельному журналу	
Тип, ном. А, розчіплювач автомату, плавка вставка, нагрівальний елемент теплового реле, А	
Пусковий апарат	
Номер кабелю по кабельному журналу	
Умовне позначення по плану	
Номер по плану	
Тип	
Робот., кВт	
Розр., кВт	
Струм, А	Інстк.
Найменування споживача по плану	